



Universitat de Lleida

# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÀCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

**Estudiant:** Kevin Vila Gisbert

**Titulació:** Grau en Organització Industrial i Logística

**Títol de Treball Final de Grau:** Aplicació del Blockchain en el seguiment de mercaderies

**Director/a:** Grau Baquero Armans

Presentació

Mes: Setembre

Any: 2021

## **RESUM**

Al llarg d'aquest treball s'ha pogut analitzar les funcions i avantatges de la tecnologia Blockchain, així com les seves aplicacions en diversos sectors. S'ha constatat que és una eina utilitzada com a gestora de bases de dades de la qual destaca la seva transparència i seguretat, tot i que també cal de tenir en compte el temps de validació d'una transacció o el cost associat al gran poder computacional necessari.

També s'ha recopilat l'estat de l'art de les metodologies actuals de seguiment de mercaderies, on destaca la manca d'informació general, l'elevat temps de gestió i l'absència d'un protocol que unifiqui els diversos models de gestió.

A continuació s'ha analitzat l'aplicació de tecnologia Blockchain en el seguiment de mercaderies, i s'ha vist que es troba en una fase inicial de desenvolupament on només grans multinacionals o start-ups acostumen a centrar els seus esforços en l'aplicació d'aquesta tecnologia. Tot i així, és clar que pot suposar grans avantatges com la creació de plataformes que unifiquin els mateixos nivells de gestió en una mateixa base de dades per estalviar temps i recursos, així com millorar en gran mesura el flux d'informació i seguiment dels transports.

Per acabar s'ha demostrat la viabilitat d'aplicació de tecnologia Blockchain en el sector logístic mitjançant la creació d'una cadena de blocs pròpia. En aquesta, s'ha pogut actualitzar informació sobre localització, hora i estat d'una mercaderia, la qual es pot visualitzar des de qualsevol dispositiu a nivell mundial.

Finalment, es pot afirmar que la tecnologia Blockchain, tot i trobar-se en fases inicials de desenvolupament en molts sectors, apunta a ser l'eina del futur per la gestió de dades a gran escala com és el cas del seguiment de mercaderies, on és segur que grans empreses com MAERSK i IBM ajudaran a consolidar-la com eina capdavantera.

## **ABSTRACT**

Throughout this work, it has been possible to analyze the functions and advantages of Blockchain technology, as well as its applications in several areas. It has been found that it is a tool used as a database management whose transparency and security stand out, although it is also necessary to take into account the validation time of a transaction or the cost associated with high computational power which is needed.

The state of art of current commodity monitoring methodologies has also been analyzed, highlighting the absence of general information, the long management time and the absence of a protocol that unifies the several management methodologies.

The application of Blockchain technology in goods tracking has been analyzed below and it has been seen that it is set in an initial stage of development where only leader business or start-ups tend to focus their efforts on the application of this technology. However, it is clear that it can give great advantages such as the creation of platforms that unify the same levels of management in the same database to save time and resources, as well as greatly improve the flow of information and monitoring of transport.

To finish, has been proved feasibility of applying Blockchain technology in the logistics sector by creating its own Blockchain. On this way, it has been possible to update information on the location, time and status of a commodity, which can be viewed from any device worldwide.

Finally, it can be stated that Blockchain technology, despite being in the early stages of development in many areas, aims to be the tool of the future for large-scale data management as is the case of goods tracking, where it is certain that large companies such as MAERSK and IBM will help consolidate it as a leading tool.

## Índex

1. Glossari .....	7
2. Introducció .....	8
2.1. Objectius .....	9
2.3. Abast.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3. Blockchain .....	10
3.1 Fonaments de la tecnologia Blockchain .....	10
3.1.1 Desenvolupament i consolidació .....	11
3.1.2 Blockchain a l'actualitat .....	12
3.1.3 Elements bàsics per al funcionament .....	13
3.1.4. Pilars de la tecnologia Blockchain .....	15
3.1.5 Proof Of Work (Prova de treball) .....	16
3.1.6 Càlcul del Hash .....	17
3.2 Tipus de sistemes Blockchain .....	19
3.2.1 Blockchain públiques.....	19
.....	19
3.2.2 Blockchain privades.....	20
3.2.3 Blockchain híbrides .....	21
3.2.2 Comparativa xarxes Blockchain.....	22
3.3 Metodologia de les Xarxes Blockchain .....	23
3.3.1. Petició de transacció .....	23
3.3.2 Validació de la transacció .....	23
3.3.3 Minat del bloc i consolidació.....	23
3.3.4 Consolidació transacció.....	23
3.4 Ethereum i Smart contracts .....	24
3.5 Aplicacions potencials .....	25
4. Sistemes de distribució de mercaderies .....	27
4.1 Cadena logística.....	27
4.2 Distribució de mercaderies segons localització .....	29
4.2.1 Logística nacional .....	30
4.2.2 Distribució Física Internacional .....	31
4.3 Mitjans de distribució.....	34
4.3.1 Transport terrestre per carretera .....	34
4.3.2 Transport ferroviari .....	35

4.3.3 Transport marítim .....	36
4.3.4 Transport aeri .....	37
4.3.5 Intermodalitat .....	37
4.4 Mètodes de seguiment de mercaderies .....	38
4.4.1 Seguiment mitjançant dispositius ELD .....	38
4.4.2 Seguiment mitjançant dispositius mòbils .....	39
4.4.3 Seguiment de contenidors GPS .....	40
5. Blockchain aplicat al sector logístic .....	41
5.1 Anàlisi general .....	41
5.2 Casos d'ús .....	42
5.2.1 Comerç internacional (MAERSK) .....	42
5.2.2 Última milla (Walmart) .....	43
5.2.3 Traçabilitat i autenticació (Everledger i Provenance) .....	44
5.2.4 Transport terrestre (A2B) .....	44
5.3 Impacte Blockchain sector logístic .....	45
5.4 DAFO Blockchain aplicat a la logística .....	47
5.4.1 Anàlisi Fortaleses (FA) .....	48
5.4.2 Anàlisi Debilitats (DO) .....	48
5.4.3 Anàlisi Oportunitats (FO) .....	49
5.4.4 Anàlisi Amenaces (DA) .....	49
6. Creació Blockchain pròpia .....	50
6.1 Remix .....	50
6.2 Metamask .....	51
6.3 Programació amb Solidity .....	52
6.3.1 Creació Smart Contract .....	52
6.3.2 Llicència del contracte .....	52
6.3.3 Versió de compilador .....	53
6.3.4 Programació Smart Contract .....	54
.....	55
6.3.5 Compilar Smart Contract .....	56
6.3.5 Desplegar Smart Contract .....	56
6.3.6 Smart Contract en funcionament .....	57
6.4 Etherscan .....	58
6.4.1 Verificació contracte .....	58

6.4.2 Treballar amb Etherscan .....	59
6.5 Accés mitjançant QR .....	60
7. Conclusió .....	61
8. Bibliografia .....	62
9. Annex.....	64
9.1 Descripció Incoterms 2020 segons TIBA .....	64
7.2 Solidity.....	67
7.3 Carregar fons a Metamask .....	69
7.4 Codi programació Solidity .....	71

## **1. Glossari**

Al llarg del document, podem utilitzar diferents vocables o expressions de difícil comprensió en cas de no estar habituat a l'argot tractat. Per tant, procedim a descriure les més susceptibles de ser analitzades.

**Token** Unitat de valor en forma d'actiu digital que funciona a mode de moneda per una xarxa Blockchain concreta.

**Cartera o Wallet** Software que emmagatzema claus privades necessàries per accedir als Token registrats en una determinada direcció per tal de poder efectuar transaccions.

Un **Hash** es una sèrie de caràcters amb longitud fixa que serveix com funció resum o "output" d'un o diversos "inputs" que s'executa mitjançant un algoritme matemàtic.

Els **IDE o Integrated Development Environment** són entorns o eines integrades que permeten programar computacionalment mitjançant en diversos llenguatges específics.

EVM o **Ethereum Virtual Machine** es una màquina virtual capaç d'executar una gran quantitat d'instruccions que permeten una gran flexibilitat a l'hora d'executar diverses operacions.

## **2. Introducció**

En els darrers anys la tecnologia Blockchain ha suposat grans avanços en multitud de camps, principalment en el sector financer, gràcies a l'aparició de les cripto-monedes, les quals basen el seu funcionament en aquesta. La seva distribució i metodologia de validació d'una cadena de blocs, permet controlar un gran flux d'informació de manera molt transparent i segura, degut a la seva propietat d'immutabilitat. En molts sectors, vist el potencial de la eina gestora de base de dades, estudien implementar-la i adaptar-la per a tot tipus d'operacions.

El sector logístic i d'exportació de mercaderies, sempre ha tingut moltes dificultats a l'hora de realitzar el seguiment de comandes, principalment pel que fa a la manca d'informació. En molts casos, es desconeix la localització de les mercaderies i es pot trigar dies a localitzar un enviament. A banda, al llarg d'una exportació internacional acostumen a haver-hi diversos intermediaris que realitzen validacions o actualitzacions d'informació, i no existeix una plataforma que unifiqui tots aquests processos, de manera que la seva gestió acostuma a ser molt lenta.

El propòsit d'aquest treball d'investigació és realitzar un profund anàlisi envers la viabilitat d'aplicació de la tecnologia Blockchain al sector logístic i estudiar les seves característiques i possibilitats a curt i llarg termini. Per aconseguir-ho, s'estudiarà el funcionament de la tecnologia i les seves variants d'aquesta, de manera que es pugui trobar la que més beneficis i avantatges pugui aportar al sector. D'altra banda, també s'analitzarà l'estat de l'art envers el funcionament actual del seguiment de mercaderies.

Una vegada es tingui clara la base d'actuació, el projecte es centrarà més específicament en els casos d'ús actuals i principals exponents en la implementació del Blockchain al sector. A partir d'aquí, es detallaran les possibilitats d'aplicació i es farà un anàlisi on s'avaluarà el seu impacte, així com una matriu DAFO per tal de fixar diferents estratègies per assolir la fase de consolidació en l'aplicació del Blockchain al sector logístic. Amb l'objectiu demostrar la viabilitat d'aplicació i fer una demostració del seu funcionament, es desenvoluparà una xarxa Blockchain pròpia basada en contractes intel·ligents que permeti actualitzar i visualitzar de manera molt ràpida la situació d'un transport. A banda, es desenvoluparà un codi QR per tal de facilitar l'accés a la plataforma.

Quan s'hagi finalitzat l'anàlisi i demostració de la viabilitat d'aplicació de la tecnologia Blockchain en l'exportació de mercaderies, s'extrauran conclusions envers el conjunt del projecte i s'analitzaran futures oportunitats d'aplicació i ampliació d'aquest.



## **2.1. Objectius**

Abans de procedir a l'execució del treball, es fixen el seu propòsit i objectius principals per tal d'utilitzar-los com a full de ruta i elaborar tots els punts tenint en compte la seva finalitat. Una vegada finalitzat el treball, s'analitzarà fins a quin punt s'ha ajustat a la planificació i quins resultats es poden extreure d'acord amb els objectius marcats. Per tal de projectar els objectius, s'intentarà que s'ajustin als termes SMART (Específics, Mesurables, Assolibles, Rellevants i Temporals).

Tenint en compte tots aquests factors, els objectius principals del treball són:

- Conèixer el funcionament de la tecnologia Blockchain.
- Estudiar l'estat de l'art del seguiment de mercaderies.
- Analitzar l'aplicació de Blockchain al seguiment de mercaderies.
- Demostrar la viabilitat d'utilitzar tecnologia Blockchain en el sector logístic.

### **3. Blockchain**

#### **3.1 Fonaments de la tecnologia Blockchain**

La tecnologia Blockchain o cadena de blocs, és un registre d'informació establert entre diversos nodes d'una mateixa xarxa, els quals es troben matemàticament relacionats entre si. Aquest, funciona com una base de dades descentralitzada, extremadament segura i que no pot ser alterada, aplicable a qualsevol tipus de transacció que es vulgui realitzar.

El pilar fonamental que sosté aquesta tecnologia és el consens. Aquest, és el que permet que tots els participants de la xarxa puguin confiar en la informació que hi ha gravada als blocs, la qual és inalterable.

El seu modus operandi simplificat, consisteix en diversos blocs d'informació que representen transaccions realitzades pels usuaris, les quals no han de ser necessàriament monetàries. Una vegada s'ha validat la transacció, el bloc es consolida, de manera que ja pot afegir-se a la cadena de manera permanent i en cap cas podrà ser eliminat o alterat. Aquesta metodologia, ens aporta un flux d'informació molt fiable i accessible, el qual ens dona no només una visió actual del sistema, sinó que també del procés i modificacions que ha patit fins arribar a aquest.

Seguidament, podem observar un diagrama de procés, el qual de manera molt visual farà que consolidem la idea principal del procediment en que es basa la tecnologia Blockchain.

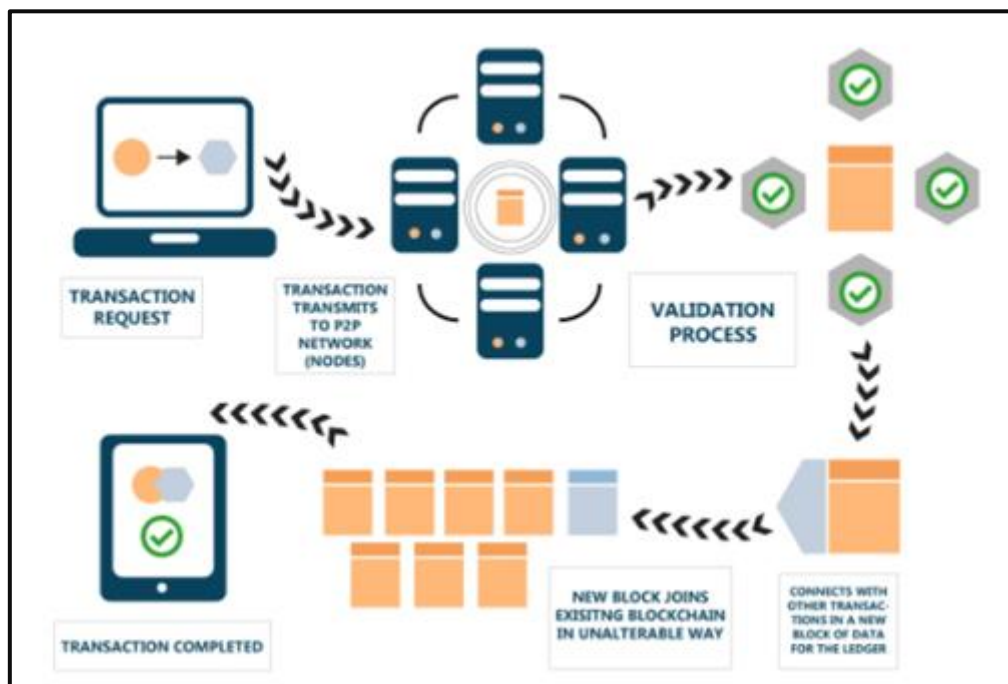


Figura 1 - Diagrama funcionament tecnologia Blockchain [Font: Akademos]

Tal i com podem observar en aquest exemple, mitjançant l'ús d'aquesta tecnologia podem aconseguir una xarxa de blocs que contenen tota la informació necessària, els quals en cap cas es poden desfer. D'aquesta manera, i sabent que tots els usuaris poden visualitzar la xarxa Blockchain, aconseguim un registre transparent i segur de totes les transaccions efectuades pels diversos usuaris integrants en el sistema.

### **3.1.1 Desenvolupament i consolidació**

La tecnologia Blockchain és una de les majors innovacions del s. XXI., de manera que ens trobem amb una eina avantguardista amb un potencial extraordinari que pràcticament acaba de néixer i encara es troba en desenvolupament.

Tot i que l'any 1982 el doctor David Chaum ja va ser pioner en la proposta d'un protocol informàtic basant-se en cadenes de blocs, els considerats precursors d'aquesta tecnologia i pares del Blockchain són els estatunidencs Stuart Haber i W. Scott Stornetta. Aquests, l'any 1991 van publicar un estudi en el qual asseguraven informàticament una cadena de blocs amb l'objectiu que no pugui ser manipulada ( propietat d'immutabilitat), el qual van anomenar "How to time-stamp a digital document" o "Com fer una marca de temps en un document digital". Posteriorment,

l'any 1992 es va incorporar a l'equip el doctor Dave Bayer, amb l'ajut del qual el mateix any es va poder millorar l'estudi incorporant arbres de Merkle. Aquests, permetien millorar l'eficiència del sistema, així com recopilar informació de diversos documents en un mateix bloc.



**Figura 2 - Stuart Haber (esquerra) i W. Scott Stornetta, promotors de la tecnologia Blockchain [Font: Forbes ]**

Malgrat el precoç naixement d'aquesta tecnologia, no va ser fins l'any 2008 quan Blockchain va experimentar el seu salt a la fama. Aquest, va ser donat per l'enregistrament del domini "bitcoin.org", creat per l'individu o grup d'individus Satoshi Nakamoto desenvolupadors del codi del Bitcoin. Posteriorment, el 31 d'Octubre de 2008, va ser publicat l'article que va donar peu a la primera moneda digital existent, anomenat "*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*". Aquest, tot i explicar les bases del funcionament del Bitcoin i Blockchain, no feia referència a aquest com a tal, però sí que utilitzava el terme "Chain of Blocks". Posteriorment, quan l'any 2009 va posar-se en funcionament el primer client d'aquesta moneda virtual, el qual donava inici a la creació de Bitcoin i la seva base de dades pública i immutable amb transaccions, coneguda com "Ledger" o llibre de registres. La tecnologia utilitzada per gestionar aquesta base de dades era Blockchain.

### **3.1.2 Blockchain a l'actualitat**

Tot i que inicialment l'impacte de la tecnologia Blockchain no va ser substancial, la implementació del Bitcoin va propiciar un salt de fama al model Blockchain. Encara que el Bitcoin continua sent el màxim exponent, empreses com IBM, JPMorgan y Barclays han realitzat investigacions molt importants per tal de trobar diverses aplicacions on aprofitar la tecnologia Blockchain. L'interès corporatiu, governamental i industrial en la tecnologia Blockchain ha crescut considerablement els darrers anys, principalment degut a la seva versatilitat i capacitat d'adaptació a altres dominis diferents de l'àmbit de les criptomònades.

Seguidament, podem veure diferents exemples on la tecnologia Blockchain s'està començant a implementar. Aquests, ens poden servir com a guia a l'hora d'analitzar els usos del Blockchain en l'àmbit del nostre projecte.

**Identitat digital:** el sistema Blockchain podria ser una excel·lent alternativa als DNI o passaports. D'aquesta manera, els ciutadans podrien adquirir una identitat digital mitjançant un sistema descentralitzat. Una de les avantatges que podria suposar aquesta implementació, és facilitar el dia a dia del ciutadà, de manera que no tinguin que introduir les seves dades personals cada vegada que vulguin sol·licitar un tràmit. A banda, els governs podrien informar els ciutadans que es troben en situació de poder demanar una beca o ajut. (Exemple: un alumne es matricula a una universitat pública i automàticament rep un missatge que degut a la seva situació familiar pot accedir a tres ajuts diversos de X quantitat).

**Votació electoral:** l'ús del Blockchain mitjançant claus d'accés privades, pot esdevenir una alternativa a l'actual sistema de vot. D'aquesta manera, es garanteixen uns resultats transparents i s'ofereix una facilitat en quant a desplaçament a tota la població. La seguretat i transparència d'aquesta tecnologia podria propiciar el salt a la votació online que la població porta tants anys esperant.

**Propietat intel·lectual:** Mitjançant la combinació entre tècniques IoT i Blockchain, es podrien possibilitar infinitats d'aplicacions extremadament útils al dia a dia. Alguns exemples poden ser el desbloqueig de la porta d'una habitació d'hotel de manera automàtica una vegada l'usuari realitza el Check-in o un vehicle que no permeti ser conduït si el propietari té l'assegurança vençuda o bloquejada.

**Indústria:** la identificació dels diferents productes fabricats i distribuïts pot ser de gran ajuda en l'àmbit industrial. A banda de proporcionar un control dels teus productes, pot servir per exemple identificar on s'han venut diferents remeses de productes defectuosos i localitzar-los ràpidament per poder ser retirats. La tecnologia Blockchain, també possibilitaria millorar altres aspectes com ara el cost, qualitat, o sostenibilitat en l'organització de producció.

**Salut:** incorporar la tecnologia Blockchain a l'àmbit sanitari podria suposar una millora substancial en la cura dels pacients. Aquesta, permetria fer un seguiment exhaustiu de cada pacient i poder identificar amb facilitat el procés exacte al que ha sigut sotmès. D'aquesta manera, es podrien controlar a la perfecció tractaments i vacunacions pendents per a cada pacient, millorant així l'estat de salut de la població.

### **3.1.3 Elements bàsics per al funcionament**

Per tal de poder entendre el funcionament de la tecnologia Blockchain, és imprescindible interioritzar els diferents elements que intervenen en el procés de flux informatiu i en l'entorn de la xarxa. D'aquesta manera, posteriorment podrem analitzar com interactuen entre ells.

#### **3.1.3.1 Nodes**

Fins el moment de la creació del Blockchain, les transaccions entre usuaris sempre havien d'estar validades per una tercera persona o entitat. Un clar exemple d'aquest factor, són les gestions monetàries. Per tal de fer arribar capital a un altre compte bancari, és el propi banc el que ha de garantir l'existència d'aquests fons i la viabilitat de la operació. Això, fa que depenguis exclusivament d'aquests per tal de gestionar les teves transaccions.

El que busca la tecnologia Blockchain, és eliminar aquests intermediaris, aconseguint una metodologia de validació totalment descentralitzada que garanteixi un elevat grau de seguretat. Per fer-ho, el que van fer els creadors d'aquesta tecnologia és substituir aquesta tercera persona o entitat intermediària per milers de sistemes que gestionen la informació i validen aquestes transaccions. Aquests sistemes, són els anomenats Nodes.

Els nodes d'una Xarxa Blockchain són els diferents sistemes que intervenen com a usuaris i la base fonamental d'aquesta tecnologia. Aquests, són diferents ordinadors o superordinadors que formen una enorme xarxa que comparteix informació de manera segura, ràpida i descentralitzada. Tal i com indica el seu nom, els nodes actuen com un punt de connexió físic o virtual que possibilita crear, enviar i rebre qualsevol tipus de dades i informació.

En un sistema de transaccions mitjançant tecnologia Blockchain, són aquests els que fan les peticions de transaccions, de la mateixa manera que poden validar-les i sumar-les a la xarxa en cas dels sistemes més potents. El Blockchain, no té un nombre fix de nodes, si no que la xarxa pot créixer tant com usuaris vulguin incorporar-se al sistema.

#### **3.1.3.2 Protocol de funcionament**

El protocol de funcionament de la tecnologia Blockchain, és el Software informàtic que possibilita la connexió entre els diversos nodes i el correcte funcionament del sistema. Per tant, tots els sistemes que vulguin formar part d'una xarxa d'aquest tipus hauran de fer-ho mitjançant el seu protocol de funcionament. El que aquest Software permet, és crear un estàndard comú per tal de definir la metodologia de comunicació entre els diversos nodes integrants de la xarxa.

Aquest, és el que fixa el procés de funcionament de la tecnologia Blockchain, de manera que possibilita la petició de transaccions i tot el sistema de validació derivat, així com la implementació dels blocs i gestió d'aquests. Per tant, podem afirmar que el protocol d'aquest sistema és la base de la qual parteix el correcte funcionament de la tecnologia, sempre partint de l'estructura creada per la xarxa i els nodes establerts.

### **3.1.3.3 Xarxes “Peer-to-Peer”**

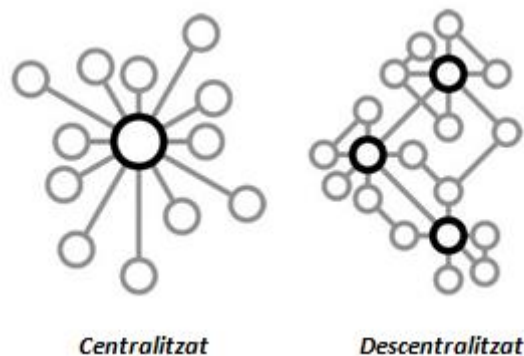
El conjunt de Nodes connectats directament entre ells en una mateixa xarxa, s’anomena P2P o “Peer to Peer”, és a d’igual a igual. Això, implica que absolutament tots els nodes funcionen i es comporten com iguals, de manera que no existeix cap client ni servidor central . Per tant, un mateix node pot actuar com a servidor o com a client, sempre que ho faci mitjançant el protocol de funcionament o Software que ho possibilita.

El gran avantatge d’aquest sistema, és que no es necessita cap intermediari per tal d’establir la connexió i dur a terme un flux d’informació entre els nodes. D’aquesta manera, obtenim una xarxa oberta, igualitària i descentralitzada.

### **3.1.3.4 Sistema descentralitzat**

El fet d’utilitzar una xarxa Peer-to-Peer, fa que tots nodes puguin controlar la informació, en lloc d’estar centralitzada en una única unitat de control. Tot i que habitualment les xarxes Blockchain no tenen cap tipus de jerarquia en el seu sistema, aquesta pot ser donada depenent del tipus de xarxa implementada.

Com a curiositat, bé sabem que actualment aquesta tecnologia s’està implementant a grans institucions, bancs i governs. Això, ha portat a la creació d’una paradoxa “Blockchain: La descentralització mitjançant institucions centralitzades”



**Figura 3 - Xarxes en funció de la seva centralització [Font: Blockchain. Peukschat,2017]**

Per tal d’unir tots els elements que hem anomenat i acabar de definir i interioritzar què és la tecnologia Blockchain, podem afirmar, partint d’un extret del llibre “Blockchain. La revolució industrial de Internet”, que aquesta “És un conjunt d’ordinadors (o servidors) anomenats «nodes» que, connectats a la xarxa, utilitzen un mateix sistema de comunicació (protocol) amb l’objectiu de validar i emmagatzemar la mateixa informació registrada en una xarxa P2P” (Bitcoin. Preukschat, 2017).

Per tant, podem afirmar que els diferents elements conformen una estructura descentralitzada que possibilita un flux d’informació transparent i segur, de manera que tota la informació emmagatzemada a la xarxa queda consolidada de manera permanent i irreversible.

#### **3.1.4. Pilars de la tecnologia Blockchain**

Per a que la tecnologia Blockchain i la seva estructura funcionin correctament, s'estableixen tres claus principals en les que es basa tota la metodologia.

- **Criptografia:** procediment que utilitza un algorisme que xifra els diversos missatges de manera que sigui incomprensible. S'utilitza per evitar manipulacions, codificar les regles de protocol o generar firmes i identitats digitals encriptades. El principal exponent de la criptografia a les xarxes Blockchain, és l'anomenat (Hash)
- **Cadena de blocs:** és la pròpia base de dades que emmagatzema tota la informació de la xarxa, una vegada les transaccions han sigut validades pels diversos usuaris i el bloc s'ha afegit a aquesta. La cadena de blocs, funciona com una base de dades immutable que emmagatzema tota la informació des del moment de la creació de la xarxa. Aquesta, es troba a tots els nodes del sistema que formen la xarxa, de manera que encara que un sistema sigui desconnectat, la cadena de blocs es mantindrà inalterable.
- **Consens:** es la base del funcionament del Blockchain. Partint d'un protocol comú de verificació de les transaccions, es valida per majoria absoluta l'acceptació d'un bloc per tal que aquest pugui ser afegit a la cadena de blocs. El consens de les xarxes Blockchain, fa que no pugui entrar a la cadena de blocs informació falsa o maliciosa, ja que abans d'afegir-se al sistema, la majoria dels nodes l'han de validar.

Aquests tres pilars, són comuns en totes les xarxes Blockchain, i són els que permeten assolir un sistema d'emmagatzematge d'informació completament segur i inalterable.



### **3.1.5 Proof Of Work (Prova de treball)**

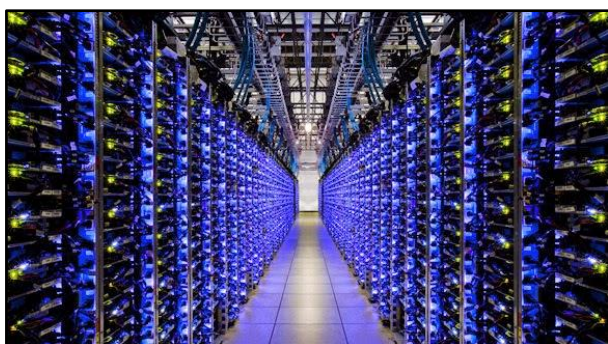
Degut a que la metodologia de funcionament per validar una transacció mitjançant Blockchain aplica el consens de la majoria absoluta, quan s'aconsegueix que la major part dels nodes donin per bona una transacció, aquesta es valida i s'afegeix a la cadena de blocs. Aquest "modus operandi", tot i que a primera vista sembla una excel·lent manera d'evitar transaccions malicioses com per exemple traspasar diners des d'una cartera monetària que no té fons, té un gran problema. Com bé sabem, el fet de ser una tecnologia que opera a la xarxa, fa que sigui susceptible de ser víctima d'un ciberatac, el qual enfonsaria la seguretat del sistema.

Degut a l'arquitectura del Blockchain, la única manera de validar una transacció és mitjançant la validació per majoria absoluta. Partint d'aquesta base de funcionament, sorgeix la coneguda metodologia de ciberatac del 51%. Aquest ciberatac, es realitza mitjançant l'obtenció de la majoria absoluta dels nodes que hi ha a la xarxa durant un moment determinat. Per tant, fa que en el cas concret que un grup d'individus aconseguixi tenir a la xarxa més de la meitat de nodes connectats, pugui validar la transacció que desitgi. Per evitar aquests tipus de ciberatacs i protegir la xarxa de Blockchain, va sorgir el concepte de Proof Of Work o prova de treball.



**Figura 4 - Atac 51% Blockchain [Font: Bitnovo]**

Una prova de treball, és un algorisme de consens que s'utilitza per validar transaccions i crear nous blocs mitjançant la resolució d'un complex problema matemàtic que requereix una gran capacitat de càlcul. Dintre de la xarxa de Blockchain, hi ha diversos nodes anomenats "miners", que es dediquen a trobar la solució o "Nonce" vàlida del bloc, de manera que el Hash compleixi amb els requisits determinats per l'algorisme. Aquest procés, requereix d'un gran poder computacional, i encara amb els millors sistemes informàtics del món, es triga 10 minuts a trobar la solució vàlida. Per poder fer front a aquesta gran demanda computacional, van sorgir les granges de minat, grans instal·lacions amb centenars o milers d'ordinadors dedicades a la resolució dels problemes matemàtics necessaris per la validació dels blocs.



**Figura 5 - Granja de minat Bitcoin [Font: Buscando Crypto]**

Actualment, s'estima que al món es realitzen de manera aproximada uns 160.000.000.000.000.000 càlculs per segon, de manera que el consum elèctric d'aquestes instal·lacions a nivell global ja supera el de països com Argentina o Holanda. Degut a aquesta gran energia i potència computacional necessària per tal de validar un bloc i consolidar el seu Hash, és impossible que tinguin lloc l'atac del

51%. Per fer-ho, seria necessari disposar d'una quantitat d'equips informàtics inassolible a nivell físic i monetari de manera indetectable. Cal destacar, que el gran creixement en els últims anys d'aquesta tecnologia, ha fet que sigui pràcticament impossible trobar una targeta gràfica RTX, les quals s'utilitzen majoritàriament per jugar amb ordinador. Les disponibles al mercat, han triplicat el seu preu degut a la gran demanda del sector del Blockchain.



### 3.1.6 Càlcul del Hash

La tasca que realitzen els miners de Blockchain, consisteix en aplicar un algorisme de consens que utilitza els elements d'un bloc per tal d'extreure un Hash que compleixi amb els requisits que demana el sistema. Aquest, funciona com a títol del bloc i engloba tota la informació que hi ha al seu interior.

Un Hash, és un conjunt de caràcters (lletres i nombres) combinats, resultats d'una funció de xifrat de diverses entrades o inputs. Per tant, amb l'entrada de qualsevol dada, s'obté un resultat de la mateixa longitud, i que varia dràsticament amb la mínima modificació d'aquest input. L'algoritme més utilitzat per obtenir un Hash a les xarxes Blockchain és el SHA-256, el qual dona com a resultat un xifrat de 64 caràcters (32 bytes o 256 bites). Com podem observar, a la imatge següent es poden veure diversos inputs amb el seu Hash resultant, el qual canvia totalment amb el simple fet d'afegir un punt al final.



Figura 6 - Hash a partir de diversos inputs [Font: Academy.bit2]

Aquesta metodologia d'enciptació, converteix qualsevol conjunt de dades en una mena de caixa negra, la qual degut a la seva propietat determinística té com a resultat un codi únic e indesxifrabre si no es coneixen els diversos inputs. L'obtenció d'un Hash a partir d'una entrada, és un procés molt senzill, i hi ha moltes pàgines Web que et faciliten el codi enciptat resultant partint dels inputs que afegeixis.

Per tal de comprendre el procés de consolidació d'un Hash a les xarxes Blockchain, en primer lloc és important conèixer la composició dels blocs que conformen la xarxa.

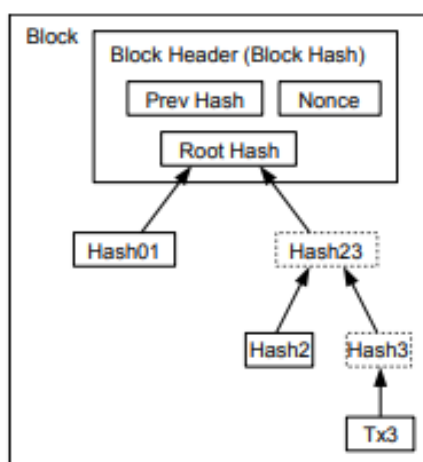
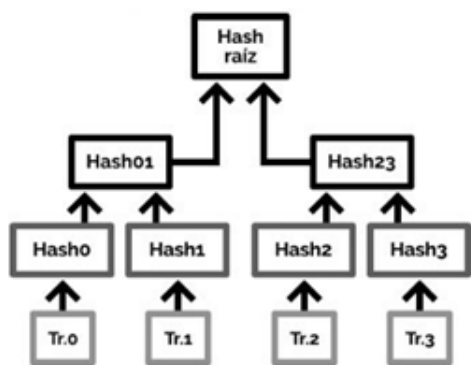


Figura 7 - Composició dels blocs [Font: Bitcoin.org]

La imatge de l'esquerra, està extreta del mateix document que va utilitzar Satoshi Nakamoto a la seva explicació del procés de consolidació del Bitcoin. Com podem observar, un bloc està consolidat pel Block Header, el qual és el Hash principal del bloc o títol, el Nonce, que posteriorment analitzarem, i el Root Hash, que engloba el conjunt de dades. A banda, també conté altra informació com la versió de Software utilitzada, el TimeStamp o moment de creació i el Hash del bloc anterior, el qual permet poder seguir la cadena de blocs i conèixer el preceptor. L'obtenció del "Block Header" o Hash principal a partir de tota la composició del bloc, és el que s'anomena minat del Blockchain.

Si ens fixem en els elements que componen el bloc, no es veuen les transaccions realitzades pels usuaris, sinó que apareix un concepte anomenat Root Hash. El Root Hash o Hash primari, és el conjunt de dades que els usuaris introdueixen al sistema, el qual engloba totes les transaccions realitzades pels nodes. D'aquesta manera, es poden arribar a agrupar més de 2.000 transaccions en només un conjunt de 64 caràcters.

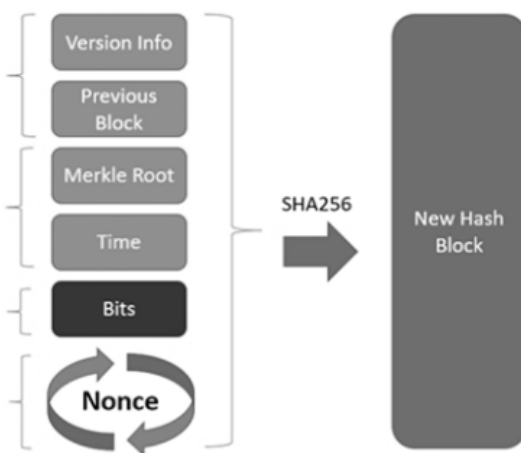


**Figura 8 - Arbre de Merkle** [Font: Blockchain. Peukschat,2017]

Això, té lloc gràcies a l'anomenada estructura "Merkle Hash Tree" o Arbre Hash de Merkle. Aquesta, agrupa les diverses transaccions realitzades pels usuaris, cadascuna de les quals disposa d'un Hash propi que conté tota la informació necessària. A partir dels diversos codis, es van concatenant per tal de crear nivells superiors, els quals són simples Hash resultants de la combinació dels dos anteriors. El procés, segueix fins arribar al Root Hash, que conté la informació de totes les transaccions realitzades en un mateix bloc.

Una vegada disposem de tota la informació del bloc encriptada, s'ha d'obtenir el propi Hash del bloc principal. Per assolir-lo, hem de tenir en compte un dels elements més importants a la tecnologia, el *Nonce*. Aquest, és una variable que forma part del bloc que té un valor numèric que utilitzen els ordinadors per tal d'aconseguir el Header Hash.

A l'algorisme de la xarxa Blockchain, s'estableix un *target* (objectiu) que ha d'assolir el Header Hash per ser considerat com a correcte, de manera que ha de tenir quatre zeros al principi del codi. Això, és extremadament difícil d'aconseguir, i són necessàries una gran quantitat de càlculs computacionals per tal d'assolir un Hash viable. Per tal d'aconseguir aquest Hash, el sistema va canviant el valor del *Nonce*, ja que només un augment d'una unitat en aquest valor fa que el Hash canviï totalment.



Per tant, per tal d'assolir un valor correcte, els ordinadors fan milers de càlculs per segon fins que assoleixen un resultat que s'ajusti al *target*. Aquest procés, requereix un nombre desorbitat de càlculs, de manera que tot el poder computacional nivell mundial que es dedica a buscar una solució per un bloc triga aproximadament 10 minuts, un temps molt elevat en aquest sector.

**Figura 9 - Obtenció Header Hash** [Font: Namametal]

Una vegada aconseguit el resultat del Hash, el node que l'ha trobat comparteix amb la resta de nodes el *Nonce* que proporciona el codi correcte. D'aquesta manera, la resta de nodes verifica la solució i s'accepta per majoria. Una vegada acceptada, el bloc s'implementa a la xarxa i el miner que ha trobat la solució rep una recompensa monetària en forma de Token. El gran poder computacional requerit per obtenir la validació del bloc, fa impossible que prosperi un atac mitjançant la metodologia 51%.

## **3.2 Tipus de sistemes Blockchain**

Les xarxes Blockchain, les podem diferenciar en dos tipus principals; públiques i privades. Aquestes, comparteixen els mateixos elements i estan basats en els mateixos pilars, tot i que tenen una metodologia de funcionament lleugerament diferent. Seguidament, veurem les característiques que més destaquen de cadascuna d'elles i els factors diferencials.

### **3.2.1 Blockchain públiques**

Quan es van dissenyar les xarxes Blockchain, es va fer amb la idea de que aquestes siguin públiques. Són un tipus de xarxa descentralitzada d'ordinadors, els quals utilitzen un mateix protocol que permeten als usuaris publicar les seves transaccions a la base de dades.

Les principals característiques que destaquem d'aquest tipus de xarxa són:

**Públiques:** com bé indica el seu nom, qualsevol persona pot accedir al sistema sense necessitat de ser usuari, i pot visualitzar absolutament tots els blocs creats i transaccions realitzades. A banda, degut a que totes les dades estan disponibles des d'un inici, tothom és lliure de revisar o auditar el funcionament de la xarxa i el seu protocol.

**Obertes:** qualsevol persona pot actuar com a usuari, miner o administrador d'un node sense cap tipus de restricció. Cal tenir en compte, que per fer-ho es necessita d'un mínim de coneixements tècnics.

**Descentralitzades:** no hi ha cap autoritat o sistema central que reguli el funcionament d'aquestes xarxes Blockchain. A banda, tots els nodes integrants de la xarxa són iguals entre sí i tenen els mateixos permisos i autoritats.

**Pseudònimes:** els usuaris que efectuen transaccions a la xarxa, ho fan sense facilitar cap tipus de dada persona, de manera que no es pot conèixer la seva identitat si no està expressament facilitada. Tot i així, és possible rastrejar la direcció de l'usuari degut al caràcter públic de la xarxa. Per tant, la major part d'aquestes sistemes no són anònims, a no ser que hagin sigut dissenyats expressament amb aquesta finalitat.

En aquest tipus de xarxes, normalment el manteniment econòmic d'aquestes depèn del propi sistema de funcionament de les mateixes. Per tant, capital s'inclou a la xarxa a partir dels beneficis que obtenen els miners i les comissions que s'emporten a l'implementar un nou bloc a la xarxa. El gran desavantatge que presenta aquesta metodologia de funcionament, és el gran poder computacional i energia necessària per al correcte funcionament del sistema.



Figura 10 - Xarxa Blockchain pública [Font: El orden mundial]

### 3.2.2 Blockchain privades

La tecnologia Blockchain, permet alterar les característiques del protocol de funcionament, de manera que es modifiquin les característiques d'una xarxa per a que aquesta passi a executar-se de manera privada. Aquest tipus de protocol, permet definir els usuaris que poden tenir accés a la xarxa, així com les funcions que poden executar o tenen restringides. Per tant, al contrari que una xarxa pública, el servei pot estar molt més centralitzat i les característiques de la xarxa limitades a les que indiquen els promotors o creadors. Per accedir a una xarxa d'aquestes característiques, habitualment és necessari una invitació o permís per participar.

Degut a que aquest tipus de xarxes també acostumen a tenir una base de dades repartida entre diversos nodes, s'acostuma a parlar d'aquesta com *Distributed Ledger Technology* o DLT, el que es pot traduir com Tecnologia de Llibre Major Distribuït.

Les principals característiques que destaquem d'aquest tipus de xarxa són:

**Privades:** és possible limitar les dades de la xarxa de manera que no tinguin difusió pública, sinó que només la puguin visualitzar o modificar els usuaris invitats al sistema. Per tant, només es pot consultar la informació de la xarxa si prèviament has sigut invitat a aquesta.

**Tancades:** només les persones que hagin sigut invitats pels promotors del projecte poden tenir la condició d'usuaris del sistema i fer ús de les seves utilitats. En funció del disseny del protocol utilitzat, els usuaris es poden registrar amb diferents nivells jeràrquics, de manera que uns poden modificar la xarxa i altres només la poden visualitzar.

**Distribuïdes:** degut a que el nombre de nodes d'aquest tipus de xarxa està limitat als usuaris invitats a formar part del sistema, es coneix els diferents nodes que formen part de la xarxa. Aquests, tenen diferents nivells jeràrquics fixats i tenen la responsabilitat i compromís de vetllar per la estabilitat del sistema.

**Anònimes o manifestes:** degut a que una xarxa privada pot variar en funció de les característiques que indiquen els promotors, aquestes poden escollir el grau d'anonimat dels diferents usuaris que formen part del sistema. Per tant, una xarxa privada pot ser que estigui formada d'usuaris amb una identitat manifesta o per usuaris anònims.

Tot i partint de la base tecnològica del Blockchain, on el sistema de blocs en cap cas pot ser alterat, veiem que hi ha diferents variacions respecte les xarxes públiques. L'avantatge d'aquest tipus de xarxes, és que són més adaptables, i tens coneixement dels usuaris que formen part del sistema. Aquest tipus de xarxes, és el més utilitzat a nivell empresarial.



Figura 11 - Xarxa Blockchain privada [Font: El orden mundial]

### **3.2.3 Blockchain híbrides**

Tal i com indica el seu nom, les xarxes Blockchain de tipus híbrid es consoliden mitjançant la combinació dels trets característics de les xarxes públiques i privades. Aquestes, poden prendre les millors solucions de cada tipologia, de manera que es pot obtenir com a resultat una Blockchain que tingui un accés controlat però a l'hora ens aporti llibertat de moviment. Les xarxes d'aquest tipus que més destaquen són les de consorci.

Aquest tipus de xarxes, són les més utilitzades en el món empresarial, principalment degut a que són totalment personalitzables. Els usuaris, poden escollir qui pot formar part de la xarxa, així com quines transaccions són de caràcter públic o privat. A banda, cal destacar que en aquest tipus de xarxes, també prima el principal factor diferenciador del Blockchain, la immutabilitat. D'aquesta manera, en cap cas es pot modificar la informació que aquestes xarxes contenen, tot i que es poden revisar i analitzar periòdicament pels individus que tinguin accés. Per tant, obtenim un sistema totalment personalitzable que disposa de totes les avantatges i seguretat que ofereix la tecnologia Blockchain.

Seguidament, volem destacar les característiques que adquireixen usualment les xarxes híbrides, tot i que poden variar en funció del sistema utilitzat pels promotors.

**Privades:** en funció de les especificacions que els desenvolupadors vulguin donar a la xarxa, aquesta pot limitar les dades de la xarxa de manera que no tinguin difusió pública, així com permetre que qualsevol persona pugui accedir al sistema sense necessitat de ser usuari.

**Tancades:** de la mateixa manera que a les Blockchain privades, només les persones o organitzacions que hagin sigut invitats pels promotors del projecte poden tenir la condició d'usuaris del sistema i fer ús de les seves utilitats. Els desenvolupadors de la xarxa, poden fer que aquesta sigui oberta, tot i que no és habitual.

**Centralitzades:** en el cas de les xarxes híbrides, degut a que el nombre de nodes integrants són els usuaris de les organitzacions invitats a formar part de la xarxa, són aquests els que han de vetllar per la seguretat del sistema. Aquest tipus de xarxes, acostumen a ser centralitzades, de manera que hi ha un grup o conjunt de nodes que tenen accés a tota la xarxa, mentre que n'hi ha d'altres que únicament tenen permisos d'usuaris. Aquest factor, pot variar en funció del tipus de xarxa híbrida consolidada.

**Pseudònimes:** els usuaris que efectuen transaccions a la xarxa, ho fan sense facilitar cap tipus de dada persona, de manera que no es pot conèixer la seva identitat si no està expressament facilitada. Tot i així, és possible rastrejar la direcció de l'usuari degut al caràcter públic de la xarxa. Per tant, la major part d'aquestes sistemes no són anònims, a no ser que hagin sigut dissenyats expressament amb aquesta finalitat.

Tal i com hem pogut observar, les xarxes de Blockchain híbrides són molt útils per consorcis o organitzacions empresarials. Aquestes, permeten fixar el nombre d'integrats o nodes, així com el rol que desenvoluparà cadascun a la xarxa. D'aquesta manera, la transparència de la xarxa varia en funció de la normativa establerta pels promotors tot i que la seguretat segueix prevalent degut a la immutabilitat de la xarxa.

### **3.2.2 Comparativa xarxes Blockchain**

Per tal de consolidar les diverses tipologies de xarxes Blockchain existents, elaborarem una taula on destaquem les principals característiques de cadascuna d'elles. D'aquesta manera, podrem analitzar els punts forts i febles respecte les altres tipologies de xarxa. Pel que fa a les xarxes híbrides, farem referència a les característiques que són més habituals i que es troben majorment implementades en aquest tipus de xarxes.

**Taula 1 - Comparativa tipus de xarxes Blockchain [Font: Elaboració pròpia a partir de El orden mundial]**

Característiques	Pública	Privada	Híbrida
<b>Qualsevol pot participar</b>	✓	✗	✗
<b>Els participants actuen com a nodes</b>	✓	✗	✗
<b>Transparència</b>	✓	Depèn	Depèn
<b>Únic administrador</b>	✗	✓	✗
<b>Diversos administradors</b>	✗	✗	✓
<b>Sense administrador</b>	✓	✗	✗
<b>Jerarquia</b>	✗	✓	✓
<b>Velocitat de transacció</b>	✗	✓	✓
<b>Cost de transacció</b>	✗	✓	✓

Com podem observar, referent a la participació dels usuaris, les xarxes públiques són les úniques que permeten l'accés a qualsevol usuari. A banda, tots aquests tenen una mateixa funció operativa, de manera que hi ha igualtat entre els nodes. Com podem veure, el factor de la transparència només és exclusiu de les Xarxes públiques, ja que les privades i híbrides acostumen a permetre la visualització de la cadena a només una part dels usuaris o integrants.

Si analitzem la jerarquia implementada en els diversos tipus de xarxes Blockchain, veiem que les públiques són les úniques que aposten per la igualtat entre nodes sense imposar cap tipus d'administrador, ja que són els propis nodes els que validen els moviments per majoria. D'altra banda, es xarxes privades acostumen a tenir un administrador que reguli o validi els moviments, mentre que a les híbrides acostuma a ser un grup de diversos usuaris u organitzacions els que tenen aquesta capacitat. Finalment, cal destacar que el factor de velocitat de transacció. Degut a que les xarxes públiques tenen una gran quantitat d'usuaris i s'ha de fer la validació per majoria, incloent la prova de treball, ma que la velocitat i cost de transacció sigui molt més elevat que en el cas de les xarxes privades o híbrides.

Per tant, abans d'implementar un mètode de treball que funcioni amb tecnologia Blockchain, serà imprescindible analitzar quina tipologia de xarxa és la que millor s'adapta a les necessitats del nostre sistema. D'aquesta manera, el rendiment que obtindrem serà molt més elevat.

### **3.3 Metodologia de les Xarxes Blockchain**

Per tal d'entendre amb més profunditat com funcionen les transaccions, i poder trobar en quina manera pot ajudar al nostre projecte, procedirem a analitzar de manera simplificada la metodologia que es duu a terme per arribar a la creació d'un nou bloc. Per fer-ho, analitzarem el procés que té lloc des de la sol·licitud d'una transacció per part d'un node, fins la creació del bloc associat a aquesta.

#### **3.3.1. Petició de transacció**

Els diversos nodes que vulguin realitzar una transacció o afegir dades a la xarxa Blockchain, realitzen la sol·licitud. Aquesta, pot ser de qualsevol tipus, depenent de la xarxa en la que ens trobem. Una transacció a una xarxa de Bitcoin, pot ser per exemple enviar diners a un altra cartera o realitzar un ingrés de diners des del teu compte. Aquesta petició de transacció, és només l'inici del procés, ja que abans de que s'afegeixi a la xarxa i es faci efectiva, ha de passar per un procés de validació que corrobore la viabilitat de la transacció.

#### **3.3.2 Validació de la transacció**

Una vegada realitzada petició es realitzen processos com ara la verificació de fons a la cartera o la viabilitat de la transacció. Una vegada validada, se li assigna un Hash i s'afegeix al arbre de Merkle de transaccions, on poden arribar a constar més de 2.000 transaccions representades pel Root Hash. Totes aquestes transaccions, han de passar pel mateix procés de validació i tenir un Hash associat. Els miners, van afegint les transaccions fins que el bloc està ple. A partir d'aquí, el bloc s'ha de segellar per tal que pugui ser afegit a la cadena de blocs. Aquest, s'anomena minar del bloc, i és on intervé el major volum de treball a nivell computacional.

#### **3.3.3 Minar del bloc i consolidació**

La validació d'un bloc és una tasca computacional molt costosa. Una vegada els miners han confirmat i afegit les diverses transaccions fins haver consolidat el Root Hash, comença la cerca del Header Hash. Tal i com hem vist anteriorment, el Header Hash té un target concret, i ha de començar per quatre zeros, de manera que els miners van modificant el valor del *Nonce* fins assolir el valor desitjat. Aquest lent procés, fa que es triguin 10 minuts a consolidar només un bloc a nivell mundial, de manera que en aquest període de temps només es validen 2.000 transaccions en tot el món. Una vegada s'ha trobat el valor del *Nonce* que ofereix un Hash correcte, es comparteix el *Nonce* amb la resta de Nodes, els quals verifiquen que és correcte i aproven per majoria la consolidació del bloc.

#### **3.3.4 Consolidació transacció**

Quan el bloc es consolida, la transacció queda verificada i s'implementa de manera permanent a la cadena Blockchain. El miner que ha consolidat el bloc, rep una recompensa monetària amb Token, de manera que serveix com incentiu pel minar del bloc. Les transaccions realitzades, no podran ser mai més eliminades degut a la immutabilitat de la xarxa, i per tal de desfer una transacció se n'ha de crear una de nova que indiqui el procés contrari. D'aquesta manera, obtenim una xarxa transparent i una base de dades on consten tots els moviments realitzats.



### 3.4 Ethereum i Smart contracts

Degut al gran efecte a nivell mundial que va tenir la implementació del Bitcoin, va augmentar de manera molt significat l'interès per la seva metodologia de funcionament. D'aquest interès, van sorgir moltes alternatives basades en la mateixa tecnologia, però utilitzant diferents trets característics que aportaven a les noves monedes uns usos molt diversos. Algunes d'aquestes monedes són el Litecoin, Ripple o Dogecoin, però d'entre totes elles la que més ha destacat hi ha tingut una millor acollida ha sigut el Ethereum.

Les xarxes Blockchain Ethereum, modifiquen la metodologia de funcionament, de manera que es deixa de costat la característica principal d'emmagatzemar monedes i s'aposta per altres possibilitats com ara computar dades o aplicacions. El gran avantatge d'aquest sistema, és que permet implementar aplicacions que siguin totalment descentralitzades, és a dir, on el flux d'informació no s'ha de validar o ha de passar per un sistema central. Per aconseguir-ho, les xarxes Blockchain Ethereum implementen un nou concepte anomenat "Smart Contract" o contracte intel·ligent.

Els Smart Contract, són documents virtuals implementats a mode d'algorisme o protocol informàtic que indiquen les diferents possibilitats que ofereix una transacció, així com els inputs possibles o processos a seguir en funció d'aquests. Els Smart Contract, permeten verificar el compliment d'un contracte de manera totalment automatitzada. Per tant, de la mateixa manera en que funciona un contracte habitual, un Smart Contract indica què és el que pot fer l'usuari, així com totes les limitacions a les quals està subjecte per la normativa i protocol del sistema.



Figura 12: Comparació de contractes  
[Font: Criptomundo]

D'aquesta manera, aconseguim que es pugui efectuar un procés determinat entre dos nodes o usuaris sense necessitat d'una tercera part implicada que reguli la transacció, descentralitzant així tot el procés. Un exemple clar del funcionament d'un Smart Contract, és una casa d'apostes on diferents usuaris voten pel guanyador d'una cursa. En aquest cas, el contracte intel·ligent validarà les diverses apostes i premiaran als guanyadors amb la quantitat acordada de manera automàtica, sense cap tipus d'intervenció necessària. Per tant, podem afirmar que aquesta metodologia de funcionament disposa de grans possibilitats, de manera que és susceptible de poder ser utilitzat al llarg del nostre estudi.

Les avantatges més destacables d'aquest tipus de sistema son:

**Autonomia:** No es necessita cap intermediari o tercera persona per tal d'executar un procés.

**Seguretat:** Al estar basat en tecnologia Blockchain, queden desades totes les transaccions a la base de dades, sent aquesta incorruptible i inalterable.

**Velocitat:** El fet de realitzar una validació automàtica fa que aquesta sigui quasi instantània.

**Eficiència:** Al no necessitar intermediaris en el procés evitem una gran quantitat de despeses.



### **3.5 Aplicacions potencials**

La implementació de la tecnologia Blockchain al sistema de transaccions de cripto-monedes ha suposat el seu salt de fama cap a la població. Tot i així, el potencial d'aquesta eina és molt més gran, de manera que els diversos sectors treballen per tal d'introduir aquesta tecnologia i optimitzar els seus processos.

Seguidament, podem observar diverses aplicacions del Blockchain segons un informe de la consultoria Minsait (de Indra) on es destaquen els casos d'ús d'aquesta tecnologia en diversos sectors diferents al financer.

#### **Comerç internacional (logística)**

La indústria manufacturera internacional efectua un gran nombre d'operacions logístiques anualment, en les quals intervenen molts intermediaris. En aquests casos, no només existeix el moviment de mercaderies, sinó que també prima el flux de la informació i capital. Al llarg dels anys, s'han anat implementant noves tecnologies per millorar el comerç internacional, però continuen havent greus problemes que s'espera que el Blockchain pugui solucionar.

En aquest sector, el Blockchain es presenta com un model de gestió que aboliria la centralització i augmentaria la seguretat i eficiència de les operacions. D'aquesta manera, es connecten tots els intermediaris (exportador, client, assegurances, operadors logístics...) els quals intervenen mitjançant un sol Smart Contract. Per tant, totes les entrades d'informació i moviments consten en una mateixa base de dades transparent, la qual pot veure qualsevol usuari i permet un alt nivell de seguretat.

#### **Automoció (cicle de vida del producte)**

El sector de l'automoció es coneix com un dels més exigents en quant a capacitat logística i de producció, el qual es deu principalment al gran volum de producció i components necessaris per part dels proveïdors. Una de les principals millores que pot aportar el Blockchain, és la creació d'un històric de seguiment de cada vehicle durant tot el seu cicle de vida, el qual aporta una gran quantitat d'avantatges a diversos intermediaris.

Pel que fa als compradors, poden tenir un registre fiable de l'estat del seu vehicle des del moment de la fabricació (reparacions, canvis de nom, canvis de peces...), especialment útil quan es compra un vehicle de segona mà. D'altra banda, les autoritats també es beneficien d'aquest registre, ja que poden obtenir molta informació envers quilometratge, revisions, emissions, denúncies... ajudant així a implementar noves mesures de millora ambiental i seguretat vial. Un altre actor que es podria beneficiar són les asseguradores, les quals poden implementar nous models de mercat com per exemple el *pay-as-you-drive*.

En general, la tecnologia Blockchain permet crear un registre distribuït dels vehicles en una plataforma col·laborativa, a la qual podrien intervenir diversos intermediaris com fabricants, asseguradores, operadors logístics, tallers, conductors i autoritats. A banda, cadascun d'ells podria tenir diverses limitacions en quant a visualització d'informació per protegir les dades personals, però també podrien aportar dades del camps al que pertanyen.

### **Assegurances (seguretat i automatització)**

Les empreses asseguradores són unes de les principals impulsores d'aquesta tecnologia. La principal mostra, és la creació de l'organització B3I o *Blockchain Insurance Industry Initiative*, la qual proporciona solucions d'assegurances mitjançant tecnologia de cadena de blocs.

En el cas de les empreses asseguradores l'ús del Blockchain pot implementar una gran quantitat de millores, com ara la detecció de patrons fraudulents que permetrien detectar possibles actuacions de clients que busquin aprofitar-se dels serveis que ofereix l'asseguradora. A banda, el Blockchain també permet la creació de nous models d'assegurances, com ara el *pay-as-you-drive* que hem vist anteriorment o els seus homònims per lloguers de temporada i assegurances de viatge. Una altra avantatge que aporta el Blockchain a aquest sector, és l'automatització de la creació de pòlisses d'assegurança, reclamacions i pagaments mitjançant l'ús de Smart Contracts. D'aquesta manera, s'aboliria la participació de terceres persones i s'optimitzarien els tràmits de cara al client.

### **Administració pública (identificació i automatització)**

La metodologia d'actuació i capacitat de l'administració pública varia molt en funció del país en que ens trobem. Alguns països com Estònia estan molt avançats en aquest aspecte, i tenen sistemes tecnològics molt avançats que faciliten molt els tràmits dels ciutadans. D'altra banda, hi ha països on els sistemes estan molt antiquats i són necessaris una gran quantitat de processos burocràtics molt tediosos. En aquest cas, el Blockchain té un marge d'actuació molt gran, i pot implementar una gran quantitat de millores extremadament útils.

El Blockchain té la capacitat de creació d'identificacions digitals on consta tota la informació de la població. En aquest, consta el historial mèdic, laboral i docent de cada habitant, de manera que es podrien evitar infinitat de tràmits. Les eleccions es poden realitzar mitjançant Smart Contracts, els quals elaboren el mateix recompte de resultats, agilitant així tots els tràmits i estalviant la gran quantitat de recursos que es dediquen actualment. A banda, l'ús d'aquesta eina permet altres millores a nivell burocràtic. Seguidament, podem veure un cas d'ús:

*"Un estudiant es matricula a la universitat pública de manera automàtica, sense necessitat d'introduir les seves dades personals, ja que consten a la base de dades del Govern. Una vegada matriculat, rep automàticament un missatge amb les beques i ajuts als quals pot optar. En cas de validar-ho, els ajuts es sol·liciten de manera automàtica, sense haver de fer cap tràmit, i es renoven anualment, sense necessitat d'estar atent als períodes de sol·licitud. Una vegada finalitzats els estudis, s'afegeix l'obtenció del títol a la base de dades de l'usuari."*

### **Altres aplicacions**

A banda dels exemples visualitzats, la tecnologia Blockchain és aplicable a quasi qualsevol sector i àmbit, com ara operadores mòbils, registres mèdics o transaccions de fons en bancs utilitaris. A banda, el seu ús combinat amb Internet of Things "IoT" pot aportar grans millores a la Indústria 4.0 pel que fa a col·laboració entre dispositius, sistemes i organitzacions. Això, ens porta a adonar-nos que estem davant una eina amb un gran potencial que tot just comença a analitzar-se, però que en un futur la veurem implementada en molts sectors a nivell mundial.

## 4. Sistemes de distribució de mercaderies

### 4.1 Cadena logística

Les empreses dedicades a l'obtenció d'un producte concret elaborat a partir d'un procés productiu determinat comparteixen una mateixa base logística, tot i que posteriorment cadascuna aplica diverses variants.

Tota producció té inici en la demanda de compra o les previsions de necessitat d'un o diversos clients determinats. A partir d'aquí, s'activa la maquinària del procés productiu com a tal, el qual acostuma a començar amb la demanda de compra de matèria prima a un proveïdor. Una vegada adquirida, es sintetitza o processa per tal d'assolir el producte final, el qual es coneix com a fabricació del producte. Una vegada elaborat, encara queda un llarg procés per tal de realitzar el servei al client final. El producte acabat, s'emmagatzema a la planta o a un centre logístic fins el moment en que arriba una petició de compra. Quan el client reclama el producte, no pot disposar d'aquest de manera instantània, ja que ha de seguir tot un procés d'exportació i distribució que pot durar des de hores fins a mesos. Una vegada realitzada l'entrega i es valida el producte, es considera finalitzat el cicle productiu, deixant de banda la part burocràtica de la compra com ara els pagaments i taxes de servei.



Figura 13 – Cadena logística comú en processos productius [Font: Bibliotecadigital]

Com podem observar, és imprescindible tenir un procés de distribució òptim per reduir tot el possible el Lead Time dels teus productes, de manera que els clients rebin el material amb el millor termini possible. El procés de distribució, no només el podem trobar en el servei al client final, sinó que forma part de diverses parts del cicle productiu, entre els quals podem destacar els següents.

**Servei de matèria primera.** Mitjançant el qual obtenim els materials o components necessaris d'un proveïdor per tal d'elaborar el nostre producte.

**Traspàs entre fàbriques.** S'acostuma a realitzar en institucions on es necessiten components interns provinents d'altres plantes de la mateixa empresa.

**Traspàs fàbrica-centre logístic.** Usualment les plantes no disposen d'una gran zona d'emmagatzematge, de manera que una vegada elaborats els productes s'envien a un centre logístic on resten en estoc.

**Traspàs entre centres logístics.** Les empreses que ofereixen servei de venda a àrees geogràfiques molt grans (ja sigui a nivell nacional o internacional), acostumen a tenir diversos centres logístics per tal de tenir en estoc un producte i reduir al màxim el temps de servei.

**Centre logístic a client.** Distribució del producte acabat al client una vegada s'efectua la demanda de compra.

Com podem observar, la part de servei a client és només un dels diversos processos de distribució que tenen lloc en l'elaboració d'un producte. Al llarg d'un dia, una empresa pot arribar a efectuar una gran quantitat de trasllats entre fàbriques o centres, i és imprescindible que aquests estiguin perfectament controlats. Aquests enviaments, usualment es realitzen amb mitjans de transport molt diversos en funció del seu destí, de manera que és molt complex tenir un sistema comú que aporti informació fiable i on es pugui fer un seguiment dels components enviats. A banda, també és comú que en un enviament un producte passi per diverses centres logístics i intermediaris, de manera que pot haver-hi una pèrdua d'informació molt gran.

Si no aconseguim tenir un sistema de distribució òptim, podem arribar a patir greus problemes de producció i econòmics, els quals podem destacar a continuació.

**Taula 2 – Problemes habituals distribució mercaderies [Font: Elaboració pròpia a partir de Cincodias]**

Problema	Descripció
<b>Manca de documentació</b>	En moltes ocasions, els productes enviats perden documentacions que poden ser extremadament importants per la seva posterior manipulació, com ara documents tècnics o de conservació.
<b>Problemes d'identificació</b>	Si els productes no estan ben indicats, en un enviament on viatgen diverses mercaderies juntes pot haver molts problemes per saber diferenciar els productes o quantitats que hi ha en un determinat paquet.
<b>Incertesa "Delivery date"</b>	És molt habitual haver realitzat un enviament i no tenir constància d'on es troba actualment el producte i quan arribarà. Habitualment els terminis d'entrega oscilen entre un període concret, com ara entre 5 i 8 dies. De manera que no pots saber de manera exacta quan rebràs el producte i s'ha de contactar de manera expressa amb el transportista.
<b>Baixa capacitat de resposta</b>	El fet de no tenir constància de la situació d'un enviament fa que sigui molt difícil poder reaccionar davant imprevistos o situacions urgents com per exemple la desviació d'un enviament o modificació de condicions d'entrega.
<b>Errors albarans-productes</b>	És habitual tenir albarans d'entrega que no concorden amb el producte servit, el qual usualment acostuma a ser degut a errors de picking per part del centre que envia la mercaderia.
<b>Mala manipulació</b>	Durant el transport dels productes, aquests passen per diversos intermediaris que realitzen manipulacions amb la càrrega. Un mal embalatge o manipulació dels productes pot fer que aquests arriben malmesos o incús siguin inservibles.

## 4.2 Distribució de mercaderies segons localització

En el sector de la logística, en funció del origen-destí de les mercaderies es diferencien dos tipologies principals de distribució. Aquestes, són el transport nacional i el transport internacional o DFI “Distribució Física Internacional”, les quals tenen com a principal factor diferencial els termes burocràtics. En funció de la tipologia d’enviament que hem de realitzar a la nostra mercaderia, aplicarem unes taxes, documents i transports o d’altres, de manera que és molt important conèixer les principals casuístiques de cada tipologia. Si observem l’estadística facilitada per l’Observatori de Transporta i Logística a Espanya (OTLE), una iniciativa del Ministeri de Transport, Mobilitat i Agenda Urbana, podem veure un recull dels milers de tones per àmbit durant els darrers anys.

Año	Tipo de tráfico	Modo de transporte				
		Carretera	Ferrovioario	Aéreo	Marítimo	Total
2016	Nacional	1.215.351	23.120	62	48.114	1.286.647
	Internacional	101.814	3.498	677	409.968	515.957
	Total	1.317.165	26.618	738	458.082	1.802.604
2017	Nacional	1.335.356	23.717	65	50.613	1.409.751
	Internacional	106.076	4.589	792	442.771	554.227
	Total	1.441.432	28.306	857	493.384	1.963.978
2018	Nacional	1.396.292	24.121	65	51.616	1.472.094
	Internacional	111.948	4.130	884	460.384	577.346
	Total	1.508.240	28.251	949	512.000	2.049.440
2019	Nacional	1.461.425	21.549	59	51.514	1.534.547
	Internacional	115.038	4.476	949	461.245	581.709
	Total	1.576.463	26.025	1.008	512.759	2.116.256

Figura 14 – Transport per mode i àmbit anual a Espanya en milers de tones [Font: Web Gobierno (Fomento)]

Com podem observar, la major part del volum de transport es realitza a nivell nacional, i les dades han anat en augment els darrers anys. Si apliquem estadística, veiem que aproximadament el 70% dels transports realitzats de manera anual són estatals, mentre que el 30% restant radica en exportacions internacionals. Com podem veure, a nivell nacional la tipologia de transport que més destaca és el realitzat per carretera, acaparant més del 90% del volum logístic, mentre que a nivell internacional l’estadística es decanta pel transport marítim, amb un 80% del volum de transport amb vaixell.

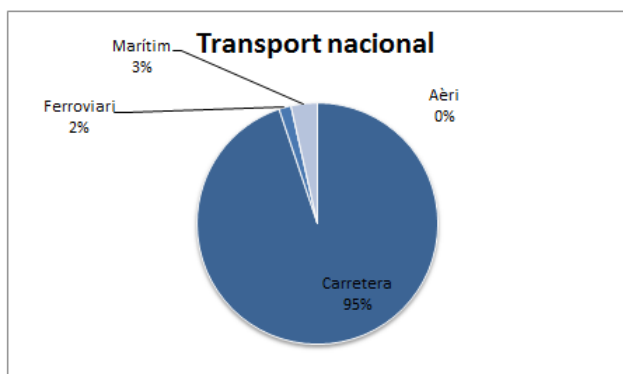


Figura 15 – Utilització mitjans transports nacionals [Font: Elaboració pròpia a partir de Web Gobierno (Fomento)]

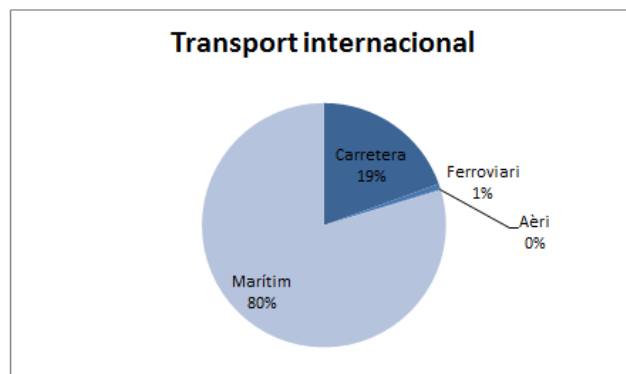


Figura 16 – Utilització mitjans transports internacionals [Font: Elaboració pròpia a partir de Web Gobierno (Fomento)]

#### **4.2.1 Logística nacional**

Tot i que amb la globalització industrial ha decaïgut aquesta tipologia d'enviaments a nivell empresarial, continua sent el màxim exponent a nivell d'enviaments a nivell empresarial. La major part de les institucions, realitzen de manera periòdica aquests tipus d'enviaments en totes les vessants que hem analitzat anteriorment (a client, entre plantes...). A banda, la major part dels enviaments internacionals o exportacions de les grans empreses acaben a centres logístics o plantes de les pròpies institucions, de manera que s'han de dur a terme distribucions nacionals per tal de fer arribar el producte al client final.

Els vehicles que més s'utilitzen en aquests tipus d'enviaments són de carretera, com ara camions o furgons de transport i acostumen a ser trajectes ràpids, que oscil·len entre 0 i 3 dies. A banda, no hi ha un gran volum de documentació necessària per dur a terme un enviament d'aquest tipus, tot i que depèn del material que es transporta. Seguidament, podem observar una taula resum de la documentació bàsica necessària per dur a terme un transport segons "Academia del Transporte", acreditada per la DGT.

	Document	Descripció
Vehicle	Permís de circulació	Documentació del vehicle de transport.
	Fitxa tècnica de la ITV	Acreditació del correcte estat del vehicle.
	Assegurança del vehicle	Documentació que acredita que un vehicle està assegurat i al corrent de pagaments.
	Autorització o targeta de transport	Autorització que permet que el transportista realitzi el transport pel seu compte.
	Certificat d'aprovació	Només en alguns casos. Document que acredita que un vehicle compleix els requeriments per al transport d'una mercaderia concreta.
Conductor	Permís de conduir	Document que acrediti que el conductor pot fer ús del vehicle tenint en compte les característiques d'aquest.
	DNI o passaport	El conductor ha de portar el DNI o passaport vàlid.
	Discs diagrama o targeta digital	En cas de tenir tacògraf analògic, el conductor ha de portar el disc del dia en curs i els 28 anteriors.
	Certificat de formació especial	Només en alguns casos. Document que acredita que el conductor disposa de la formació necessària per transportar mercaderies perilloses.
	Certificat CAP	Certificat d'Aptitud Professional que acredita que un conductor ha rebut la formació professional.
	Carnet ADR	Només en alguns casos. Carnet que capacita al conductor per transportar mercaderies perilloses a tota la Unió Europea.
Càrrega	Carta de port	Document que descriu la mercaderia transportada, la quantitat i característiques físiques.
	Instruccions per conductor	Només en alguns casos. Es descriu la informació que ha de seguir el conductor per dur a terme la manipulació de mercaderies perilloses.

Figura 17 – Documentació bàsica necessària per al transport nacional [Font: Elaboració pròpia a partir de Academia del transportista]



#### 4.2.2 Distribució Física Internacional

La globalització a nivell industrial ha proporcionat un gran volum de transports internacionals arreu del món. Actualment, és molt habitual veure empreses que comprin la seva matèria prima a l'estranger, així com exportar el producte acabat a diversos clients internacionals. Per fer-ho possible, s'han implementat una gran quantitat de centres logístics i contractes inter-empresarials que conformen una gran xarxa de transport de mercaderies. El transport internacional, també conegut com Distribució Física Internacional (DFI), té diverses variants respecte el nacional, i els factors més diferencials són el tipus de vehicle utilitzat i la documentació i model de gestió necessaris.

En el cas dels enviaments internacionals, és molt important destacar que depenent del punt de sortida i destí de la mercaderia hi haurà diverses variacions a nivell burocràtic. Si ens fixem en la Unió Europea, la reglamentació necessària entre països membres és molt diferent dels documents a aportar per mercaderies que arriben de països externs. Per tant, abans d'efectuar un transport haurem de tenir en compte tots els requeriments en funció del origen-destí de les mercaderies, així com la documentació pròpia d'aquestes en cas que siguin perilloses.

Usualment, quan un enviament arriba a un nou país es revisa la mercaderia a la terminal de càrrega, ja sigui un port, aeroport o frontera de carretera, i es revisa i valida la càrrega i la documentació corresponent a nivell duaner del vehicle i càrrega que transporta. En alguns casos, inclús pot ser que es revisi la documentació al país d'origen i també al del destí per tal de corroborar que compleix les diverses reglamentacions. Seguidament, podem observar el procés d'exportació habitual que segueixen les mercaderies per tal de ser transportades entre diversos països. Com veiem, una exportació es distribueix en tres apartats principals on intervenen diversos intermediaris; el país d'origen, el de destí i el transport principal.

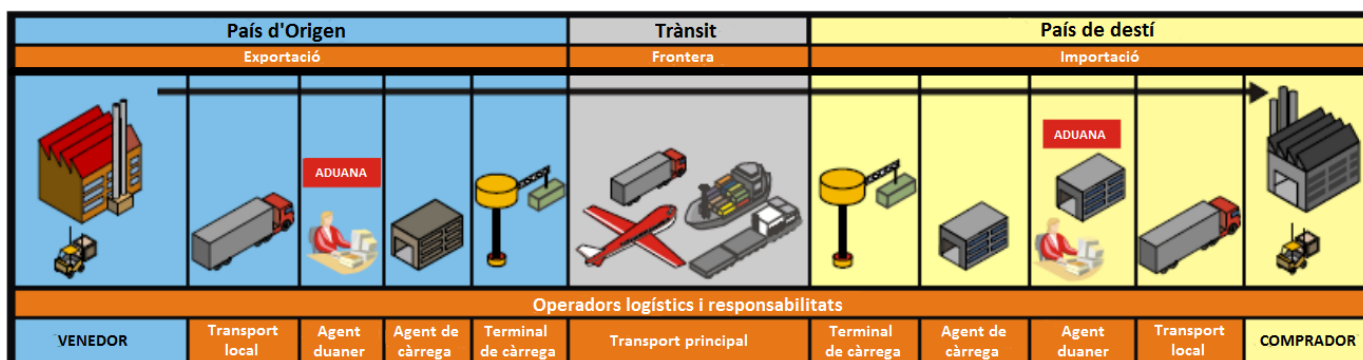


Figura 18 - Procés d'exportació internacional mercaderies [Font: Elaboració pròpia a partir de Biblioteca digital]

El gran nombre d'intermediaris, juntament amb el temps de viatge i temps d'espera a duanes fa que usualment aquesta tipologia de transport trigui mesos i inclús els transports aeris (els més ràpids a llarga distància) poden trigar setmanes. En aquests casos, és molt comú no tenir constància de la localització exacta de la mercaderia enviada en un moment concret, de manera que el client no sap exactament quan rebrà el que ha demanat o quina és la seva situació actual. Aquest, és un dels factors que més preocupa a les empreses, ja que la manca d'informació dificulta molt el càrrec de responsabilitats en cas que la mercaderia es perdi o arribi en mal estat al client.

#### **4.2.2.1 Documentació necessària**

Si analitzem la documentació bàsica necessària en el cas del transport internacional, és molt semblant a la utilitzada en àmbit nacional, tot i que s'afegeixen alguns requeriments que podem observar a continuació. Cal recordar, que estem esmentant documentació bàsica, de manera que posteriorment en funció del mitjà de transport utilitzat variarà el tipus de dades necessàries per efectuar la distribució de mercaderies.

Seguidament, podem observar la documentació necessària en cas de transport internacional, tenint en compte que també haurem de portar la explicada anteriorment pel que fa documentació de vehicle, càrrega i conductor.

**Taula 3 - Documentació bàsica necessària transport internacional [Font elaboració pròpia a partir de Academia del transportista]**

Document	Descripció
<b>Carta de Port o CMR</b>	Document necessari en transport per carretera. Indica les responsabilitats i obligacions de les parts segons el contracte inicial.
<b>Factura comercial internacional</b>	Document administratiu on consta tota la informació rellevant respecte la venda de les mercaderies transportades a nivell internacional.
<b>Packing list</b>	En català "Llista d'entrega", on consta el nombre de factura, contingut i quantitat de mercaderies, nombre d'embalums...Informació física de les mercaderies.
<b>Albarà d'entrega</b>	Tot i que no és obligatori a nivell nacional, s'acostuma a mostrar per tal de corroborar on tindrà lloc l'entrega de les mercaderies.



#### 4.2.2.2 Incoterms

En el transport internacional, les mercaderies han de passar per molts intermediaris i conductors diferents. Això, fa que sigui molt complex determinar qui té la repsonsabilitat de l'exportació en cada tram, ja que el transport del país origen pot ser contractat per la part exportadora mentre que el que té lloc el gestiona el destinatari. Per tant, a l'hora d'assumir costos i responsabilitats, és molt important tenir ben definit qui és responsable de cada factor en els diversos trams del viatge. Per aquest motiu, la "Camara de Comerç Internacional" o CCI va implementar l'any 1936 els anomenats Incoterms. Aquests són un nex entre les parts implicades que actua com a llenguatge comú per tal de poder fixar les responsabilitats quan es realitza una exportació a nivell internacional. Com podem veure a la imatge següent, es mostra el repartiment de responsabilitats en cada incoterm (en taronja la part venedora i en blau la part compradora). Els superiors, serveixen per a qualsevol tipus de transport, mentre que els inferiors són específics per transport marítim.

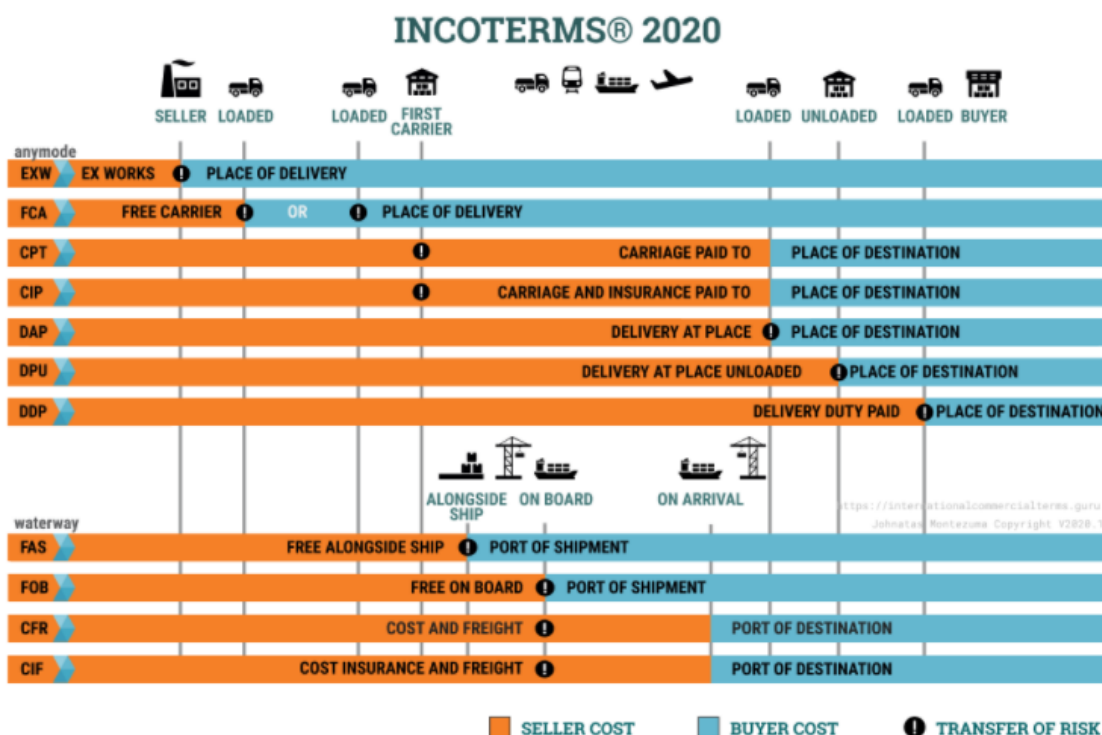


Figura 19 - Responsabilitats de les parts Incoterms 2020 [Font: Masterlogística]

En un transport internacional, les parts implicades acorden contractualment el tipus de Incoterm que s'aplicarà al trajecte. D'aquesta manera, hom ja sap quines responsabilitats tindrà per a cada tram del trajecte. A banda, també és fixen altres factors com qui ha de fer-se càrrec de l'assegurança de les mercaderies o qui ha de fer la càrrega i descàrrega d'aquestes al lloc d'origen o destí. La tipologia de Incoterm que utilitzem, pot fer variar molt el cost total del producte, ja que el cost de l'assegurança i el noli de les mercaderies pot disparar el pressupost del que es disposa. Per tant, és molt important tenir clar les característiques de cada Incoterm per posteriorment evitar alts costos i càrrecs econòmics. A l'annex, podem observar l'explicació per a cada tipus de Incoterm, així com la distribució de responsabilitats per a cadascun d'ells [veure Annex 9.1].

### 4.3 Mitjans de distribuci3

Com hem pogut observar gràficament, a nivell nacional el transport més utilitzat és el de carretera, mentre que pel que fa a transports internacionals l'aposta majoritària de les empreses és el transport marítim. Seguidament, podrem analitzar els diversos tipus de transports per tal d'entendre les seves característiques i limitacions respecte la resta.

#### 4.3.1 Transport terrestre per carretera

El transport en carretera, és el més comú de tots i que s'utilitza en més mesura, principalment per transport nacional i rutes. Els trajectes realitzats per camions, acostumen a ser "porta a porta", de manera que les mercaderies es carreguen en l'origen i no s'acostumen a manipular fins arribat al destí. Les característiques més destacables d'aquest mitjà de transport respecte a la resta son:

**Econ3mic i versàtil** Contractar un transport per carretera acostuma a ser més econ3mic que un aeri i més car que un marítim, tot i que depèn del trajecte a realitzar i la distància. A banda, és molt més versàtil, ja que pot fer arribar les mercaderies que la resta de mitjans no poden degut a les infraestructures necessàries.

**Mercaderies perilloses** Entre totes les tipologies de transport, aquesta és la que posa menys dificultats per al transport de mercaderies perilloses.

**Volum de càrrega baix** Si el comparem amb altres mitjans com el marítim, el transport per carretera no permet un volum alt de càrrega i es necessitarien diversos vehicles per fer-ho.

**Adaptable** El transport per carretera es pot adaptar amb diversos remolcs per tal de portar quasi qualsevol tipus de càrrega i permet treballar amb mercaderies molt diverses.

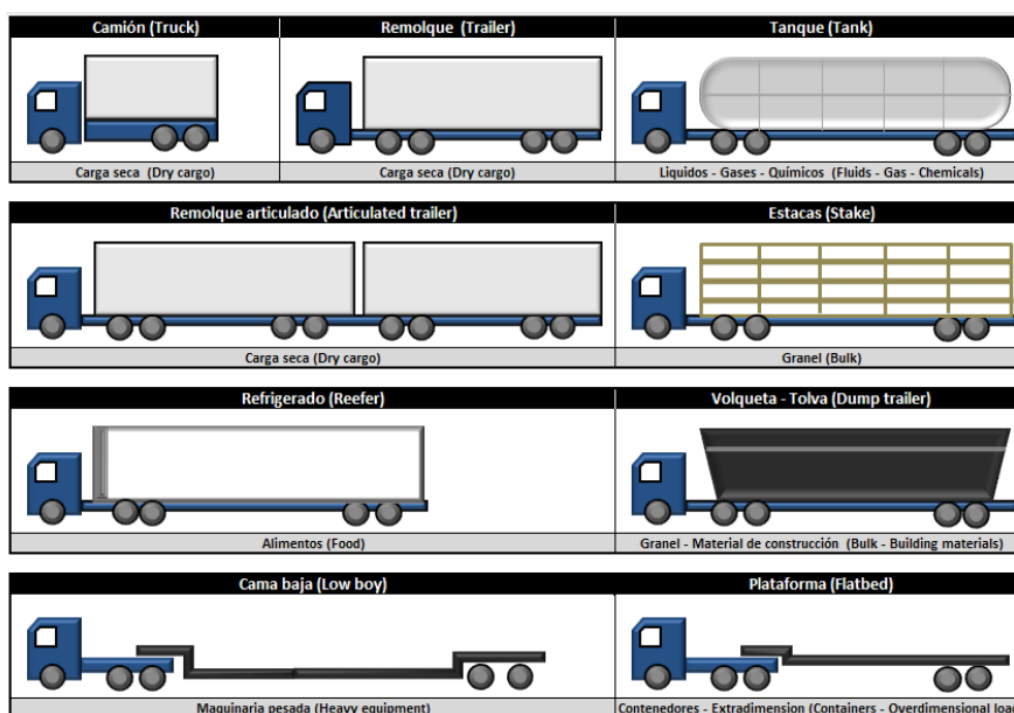


Figura 20 - Tipologies de remolcs en transport per carretera [Font: Biblioteca digital]

### 4.3.2 Transport ferroviari

Malgrat que el transport ferroviari no és capdavanter pel que fa a volum de mercaderies transportades, és un mitjà molt utilitzat i que ens pot oferir diverses avantatges en funció de les nostres necessitats. Com exemple, podem observar el gran ús que en fa a nivell nacional l'empresa SEAT i com es beneficia d'aquest model de transport. El transport ferroviari, acostuma a contractar-se terminal a terminal mitjançant agents de càrrega. Cal destacar, que en aquests tipus de transports és necessària la carta de port ferroviari "CIM". Les principals característiques a destacar envers aquesta tipologia de transport són les següents.

**Econòmic** El transport ferroviari es considera el més econòmic dels terrestres, sempre dependent de la distància recorreguda.

**Volum de càrrega mitjà** El volum de càrrega que permet un tren de mercaderies, tot i no ser tan elevat com el marítim, es molt superior al dels camions, ja que es dona la possibilitat de fer ús de diversos vagons en un mateix trajecte.

**Mercaderies perilloses** El transport ferroviari, també és molt permisible amb les mercaderies perilloses i facilita el seu transport.

**Transport per vies** El fet de haver de tenir una xarxa de vies com a infraestructura, limita molt les possibilitats de transport d'aquest mitjà.

**Adaptable** El transport ferroviari es pot adaptar amb diverses tipologies de vagons per tal de portar quasi qualsevol tipus de càrrega i permet treballar amb mercaderies molt diverses.

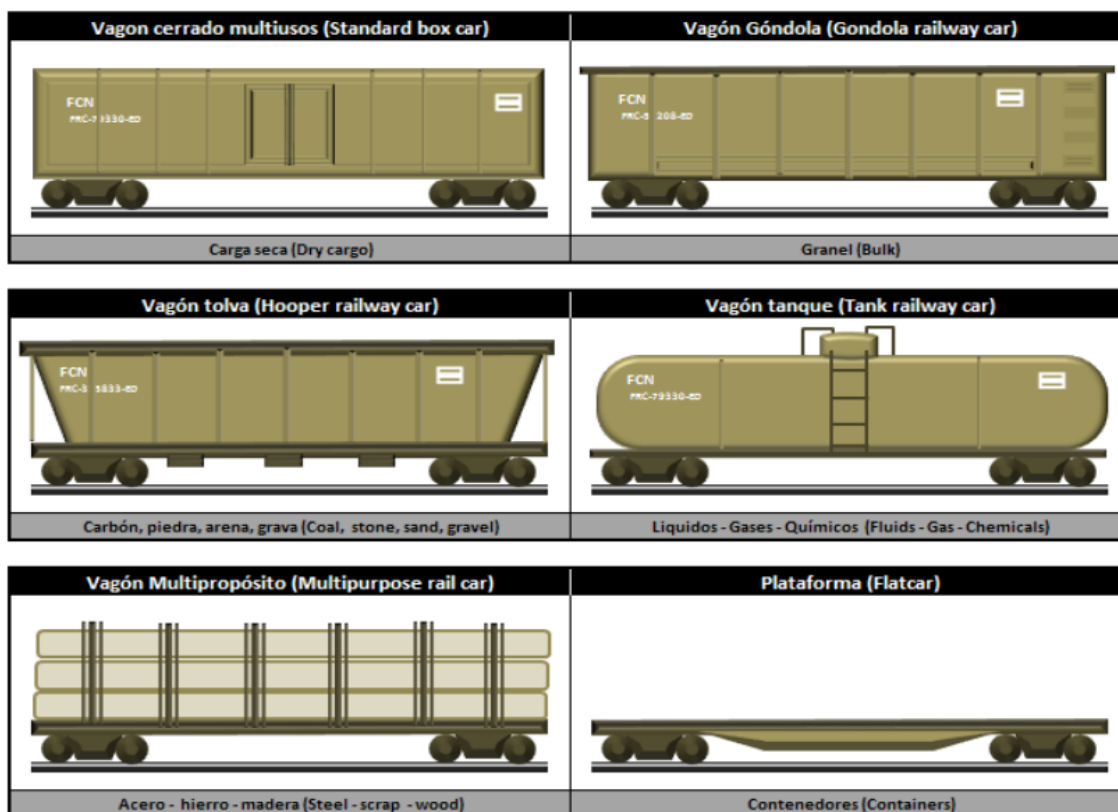


Figura 21 - Tipologies de remolcs en transport ferroviari [Font: Biblioteca digital]

### 4.3.3 Transport marítim

El model de transport marítim és la tipologia de distribució més utilitzada a nivell internacional. Com hem pogut observar anteriorment, pràcticament avarca la totalitat dels transports a nivell internacional, sent així la tipologia de transport que més volum de mercaderies mou a nivell global. El tipus de contractació dels trajectes efectuats mitjançant aquest mitjà s'efectua de Port a Port, i la càrrega es porta en grans embarcacions capaces de moure gran quantitat de contenidors. Tot i que la mitja d'embarcacions tenen una capacitat de 5.000 contenidors, n'hi ha que arriben fins els 18.000. Per tal d'efectuar transports marítims, és necessari disposar de la documentació "Bill of Lading B/L" o coneixement d'embarcament. Les principals característiques que destaquen del transport marítim son:

**Alta càrrega i econòmic** El mitjà de transport marítim és el més econòmic dels transports internacionals, sempre dependent del volum de càrrega i distància a realitzar. A banda, és el transport que pot abastar una major quantitat de càrrega per trajecte, de manera que és molt recomanable en volums d'exportació elevats.

**Mercaderies perilloses** El mitjançant embarcacions, també és molt permisible amb les mercaderies perilloses i facilita el seu transport amb contenidors adequadament adaptats.

**Trànsit i contaminació** Malgrat les seves avantatges, aquest mitjà de transport és molt contaminant i és molt lent. Per tant, s'acostuma a efectuar amb transports de manufactures que tenen un Lead Time per al client de diversos mesos.

**Infraestructures** El fet de tractar-se d'un transport que viatja per via marítima fa que sigui imprescindible tenir el mar a prop del lloc de descàrrega i un port amb la logística adequada.

**Adaptable** El transport marítim es pot adaptar amb diverses tipologies de contenidors per tal de portar quasi qualsevol tipus de càrrega i permet treballar amb mercaderies molt diverses.







<div>Contenedor 20' Estàndar (20' Standard)</div>  <div>Carga seca (Dry cargo)</div>	Medidas internas (Internal dimensions L x W x H)	Capacidad (Cubic capacity)	Carga útil (Payload)	
			Estàndar (Standard)	USA / Canada
	5,9 x 2,3 x 2,3 m 19'5" x 7'8" x 7'9"	33 m <sup>3</sup> 1.165 cubic ft	22.100 kg 48.721 lbs	15.875 kg 35.000 lbs
<div>Contenedor 40' Estàndar (40' Standard)</div>  <div>Carga seca (Dry cargo)</div>	Medidas internas (Internal dimensions L x W x H)	Capacidad (Cubic capacity)	Carga útil (Payload)	
			Estàndar (Standard)	USA / Canada
	12 x 2,3 x 2,3 m 39'6" x 7'8" x 7'9"	67,3 m <sup>3</sup> 2.377 cubic ft	27.396 kg 60.401 lbs	19.050 kg 42.000 lbs
<div>Contenedor 40' Alto cubicaje (40' High cube)</div>  <div>Carga seca (Dry cargo)</div>	Medidas internas (Internal dimensions L x W x H)	Capacidad (Cubic capacity)	Carga útil (Payload)	
			Estàndar (Standard)	USA / Canada
	12 x 2,3 x 2,6 m 39'6" x 7'8" x 8'9"	76 m <sup>3</sup> 2.684 cubic ft	29.600 kg 65.256 lbs	19.050 kg 42.000 lbs
<div>Contenedor 40' Alto cubicaje (40' High cube)</div>  <div>Carga seca (Dry cargo)</div>	Medidas externas (External dimensions L x W x H)	Tara (Tare weight)	Máximo peso bruto (Gross weight)	
			Estàndar (Standard)	USA / Canada
	12,2 x 2,4 x 2,6 m 40' x 8' x 8'6"	1.900 kg 4.189 lbs	24.000 kg 52.910 lbs	17.775 kg 39.189 lbs
<div>Contenedor 40' Alto cubicaje (40' High cube)</div>  <div>Carga seca (Dry cargo)</div>	Medidas externas (External dimensions L x W x H)	Tara (Tare weight)	Máximo peso bruto (Gross weight)	
			Estàndar (Standard)	USA / Canada
	12,2 x 2,4 x 2,9 m 40' x 8' x 9'6"	3.084 kg 6.799 lbs	30.480 kg 67.200 lbs	22.134 kg 48.799 lbs
<div>Contenedor 40' Alto cubicaje (40' High cube)</div>  <div>Carga seca (Dry cargo)</div>	Medidas externas (External dimensions L x W x H)	Tara (Tare weight)	Máximo peso bruto (Gross weight)	
			Estàndar (Standard)	USA / Canada
	12,2 x 2,4 x 2,9 m 40' x 8' x 9'6"	3.940 kg 8.685 lbs	33.540 kg 73.941 lbs	22.990 kg 50.685 lbs

Figura 22 - Tipologies de contenidors en transport marítim [Font: Biblioteca digital]

#### 4.3.4 Transport aeri

El transport aeri, tot i ser dels menys utilitzat a nivell d'exportacions, disposa de diverses avantatges que el fan extremadament útil en situacions puntuals. En aquest cas, el tipus de trajecte es contracta de Port a Port, i destaca la seva velocitat. Per tal de contractar un transport d'aquesta tipologia, és imprescindible disposar de la Guia Aèria o "Air Waybill AWB", el qual acredita el contracte de transport de les mercaderies a nivell internacional. Les característiques que més destaquen d'aquesta tipologia de transport són les següents.

**Velocitat** Tot i que a nivell duaner hi ha un temps d'espera d'uns dies o setmanes, un transport aeri és molt més ràpid que un marítim, de manera que és extremadament útil en trajectes transoceànics on prima la ràpida entrega de les mercaderies.

**Cost elevat i puntualitat** Els transports aeris destaquen pel seu elevat cost. Per tant, s'acostumen a utilitzar només en cas d'urgències o transport de mercaderies específiques. Malgrat això, és una de les tipologies de transport que més compleix els terminis d'entrega.

**Productes perillosos** En aquest cas hi ha moltes limitacions en quant al transport de matèries perilloses, de manera que no és el transport més recomanable per aquest tipus d'enviaments.

**Limitacions** El transport aeri té moltes limitacions en quant a volum de càrrega pes i dimensions. Seguidament, podem observar els contenidors habilitats per aquest transport.

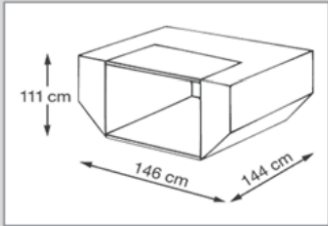
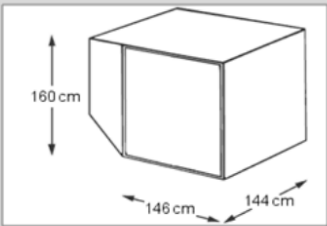
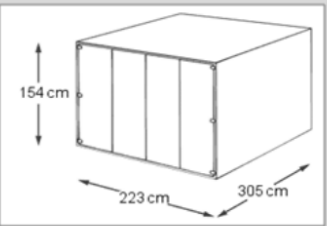
Contenedor A320 / A321	Contenedor LD3	Contenedor AMP
		
Aceptado para aeronaves tipo: B747 - 200F - MD11 - A300 > A340	Aceptado para aeronaves tipo: B747 - 200F - MD11 - A300 > A340	Aceptado para aeronaves tipo: B747 - 200F - MD11 - A300 > A340

Figura 23- Tipologies de contenidors en transport aeri [Font: Biblioteca digital]

#### 4.3.5 Intermodalitat

En els transports internacionals, degut a que hi ha moltes limitacions d'infraestructures (ports, aeroports, vies...) és molt comú aplicar el transport multimodal, en el qual s'utilitzen dues o més tipologies de transport. Això, permet efectuar trajectes amb una única unitat de transport, com pot ser un contenidor, el qual es pot descarregar d'un vaixell i carregar directament a un camió per tal de fer-lo arribar a la seva destinació final. La documentació necessària dependrà dels mitjans de transports utilitzats durant el trajecte.



Figura 24 - Transport multimodal [Font: Blog Llerandi]

## **4.4 Mètodes de seguiment de mercaderies**

Tots els moviments que pateixen les mercaderies al llarg d'un trajecte i la diversitat d'intermediaris que hi ha, fa molt difícil localitzar els enviaments i poder tenir una idea clara del dia i hora d'arribada al destí. Per aquest motiu, és molt important utilitzar aplicacions o sistemes que ens permetin localitzar els nostres enviaments de la manera més acurada possible. Cal destacar, que molts dels enviaments els realitzen empreses especialitzades que es dediquen únicament a la logística, i per tant tenen un sistema preparat per poder dur a terme el "tracking" dels diversos enviaments. Aquestes empreses, com per exemple FedEx o Maersk, tenen software especialitzats que permeten als usuaris realitzar un seguiment com el d'empreses B2P com pot ser Amazon.

D'altra banda, empreses que utilitzen vehicles propis o realitzen el transport mitjançant la seva flota a gran escala ho tenen més complicat per dur a terme el seguiment dels seus enviaments. Aquestes, acostumen a optar amb alternatives com aplicacions que no sempre funcionen de la manera esperada.

Seguidament, analitzarem els mitjans de seguiment de mercaderies més destacats i que s'acostumen a utilitzar en el món empresarial.

### **4.4.1 Seguiment mitjançant dispositius ELD**

Els dispositius ELD o "Electronic Logging Device" són aparells físics connectats al motor del vehicle de manera que funcionen automàticament. Tot i que estan específicament dissenyats per ajudar al conductor a adaptar-se a la normativa HOS "Hores de Servei", porten un dispositiu GPS incorporat per tal de poder localitzar el vehicle en tot moment. Això, el converteix en un aparell molt útil per regularitzar un vehicle, però no és el més adequat en cas de voler fer un seguiment d'una mercaderia concreta.

Seguidament, analitzarem diverses característiques dels dispositius electrònics ELD.



**Figura 25 - Dispositiu ELD [Font: Truckx]**

**Automatitzat** El seguiment es fa de manera automàtica, de manera que el conductor no ha d'actuar activament ni realitzar cap acció concreta.

**Bateria** Malgrat que la vida útil de la bateria és llarga, és necessari carregar el dispositiu periòdicament. S'acostuma a fer a les parades.

**Gamma de productes** Des de que la reglamentació obliga a portar aquests dispositius instal·lats, hi ha empreses que opten per alternatives més econòmiques que no sempre funcionen de manera òptima i poden causar problemes de localització.

**No específic** La seva funcionalitat principal no és el seguiment de mercaderies, de manera que pot ser útil per localitzar un vehicle però no per realitzar un seguiment d'entrega.

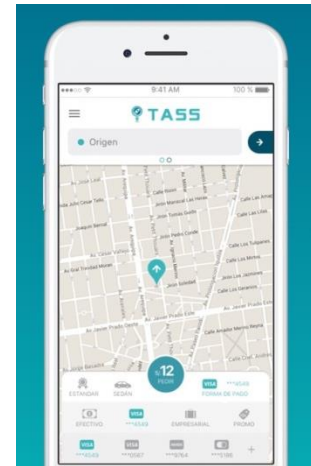


#### **4.4.2 Seguiment mitjançant dispositius mòbils**

Els dispositius mòbils s'han convertit en una eina molt important a les nostres vides. A l'actualitat es calcula que un 96% de la població espanyola disposa d'un d'aquests aparells. Degut a la seva possibilitat de fer ús de GPS, no és difícil pensar que és una bona opció utilitzar-lo per tal de poder fer el seguiment d'un enviament de mercaderies.

Actualment, hi ha moltes empreses desenvolupadores de Software que han creat aplicacions d'aquesta tipologia, com ara TASS, una plataforma en temps real on es poden visualitzar diverses rutes d'entrega, punts de control o localització del vehicle. Alguns usuaris, utilitzen altres alternatives de seguiment de amb dispositius mòbils sense instal·lar cap aplicació, com ara webs que permeten fer un seguiment d'ubicació mitjançant "pings" de les torres de telefonia mòbil.

És difícil englobar les característiques que té el seguiment de mercaderies mitjançant dispositius mòbils, ja que hi ha infinitat d'aplicacions i plataformes que treballen amb diferents metodologies. Tot i així, els trets principals que destaquen d'aquesta tipologia de seguiment són els següents.



**Figura 26 - TASS Aplicació de seguiment [Font: Appadvice]**

**Informació geogràfica** el sistema GPS acostuma a oferir les millors rutes als conductors per arribar a un destí concret i presenten alarmes davant carreteres tallades o incidents.

**No automatitzat** en molts casos, el conductor ha d'intervenir per tal de marcar trajectes o introduir dades, de manera que no és una metodologia funcioni de manera autònoma.

**Smartphone necessari** En molts casos, és necessari un smartphone o al menys un dispositiu mòbil amb GPS (exceptuant el cas dels "pings") per tal de poder fer ús de les aplicacions.

**Cobertura necessària** encara que a molts llocs trobem cobertura mòbil, hi ha certs indrets on no arriba correctament, de manera que el sistema pot quedar bloquejat i no oferir solucions al conductor o no actualitzar la ruta de transport.

**Compatibilitat** per tal d'obtenir resultats òptims, hauríem de vincular el dispositiu amb el ELD del vehicle, de manera que l'aplicació estaria "connectada" amb el motor del transport.

**Cost** les aplicacions acostumen a cobrar quotes a les empreses o autònoms per tal que puguin fer ús de la seva aplicació o que estigui correctament actualitzada.

Com podem veure, el seguiment mitjançant dispositius mòbils és molt útil per a localitzar un vehicle, mostrar les millors rutes possibles o detectar incidents. Tot i així, si el nostre objectiu és dur a terme el seguiment d'una mercaderia al llarg d'un enviament, no ens trobem davant d'un sistema de característiques òptimes, ja que la finalitat del seu disseny no és aquesta. Per tant, podríem dir que és una metodologia que funciona de manera similar al ELD, però sense oferir la precisió de la connexió sistema-motor.

#### **4.4.3 Seguiment de contenidors GPS**

El seguiment de mercaderies mitjançant dispositius amb tecnologia GPS, està específicament dissenyat pel seu ús en contenidors marítims. Aquests, són uns aparells electrònics que disposen de tecnologia GPS i es fixen mitjançant imantació a la paret del contenidor o al seu tancament. Els dispositius, els acostumen a gestionar empreses que es dediquen específicament a la seva manipulació. Aquestes, cobren un import molt elevat, que pot superar els 200€ per seguiment, i s'acostumen a contractar amb trajectes "port a port".



**Figura 27 - dispositiu GPS seguiment contenidors**

Seguidament, procedirem a analitzar les característiques que més destaquen d'aquesta metodologia de seguiment de mercaderies.

**Informació immediata** els dispositius permeten oferir al moment informació envers la localització del contenidor, sempre i quant el GPS estigui activat.

**Alta precisió** la possibilitat de poder fer ús de tecnologia GPS permet obtenir la localització del contenidor de manera extremadament acurada.

**Informació diversa** alguns dispositius de seguiment permeten obtenir també altra informació, com ara la velocitat del transport per tal de poder detectar incidents.

**Disponibilitat limitada** al tractar-se d'un dispositiu amb ús adaptat per un contenidor en cas de dur a terme trajectes amb gran volum de càrrega necessitem diversos aparells.

**Preu elevat** tal i com em especificat, el preu d'aquests dispositius és molt elevat. Si combinem aquest factor amb la necessitat de diversos dispositius en cas de tenir diversos contenidors, veiem que el preu pot arribar a ser molt elevat.

**Cobertura** al tractar-se d'un dispositiu que utilitza GPS només funcionarà en cas que els contenidors es trobin a cel obert.

**Bateria** els dispositius de seguiment utilitzen una bateria per tal de poder funcionar. El seu GPS, té un gran consum, de manera que s'ha de fer una gestió de la potència que en molts casos passa per mantenir desactivat el GPS en algunes etapes.

Com podem veure, són els primers dispositius que hem analitzat específicament dissenyats per al seguiment del transport de mercaderies. Aquests, s'especialitzen concretament en els contenidors, de manera que pot ser molt útil en trajectes marítims i transports intermodals, sempre i quant l'empresa gestora ho permeti. Tot i així, ens trobem davant grans desavantatges com és la necessitat de bateria (que pot portar a desactivar el GPS) o la necessitat de cobertura. El punt que més dificulta l'ús d'aquest aparells és el seu cost.

Tot i així, és molt útil per realitzar el seguiment d'un contenidor concret l'arribada del qual és molt important o té un alt cost econòmic, ja que d'aquesta manera també podem analitzar si ha patit algun cop o mala manipulació.



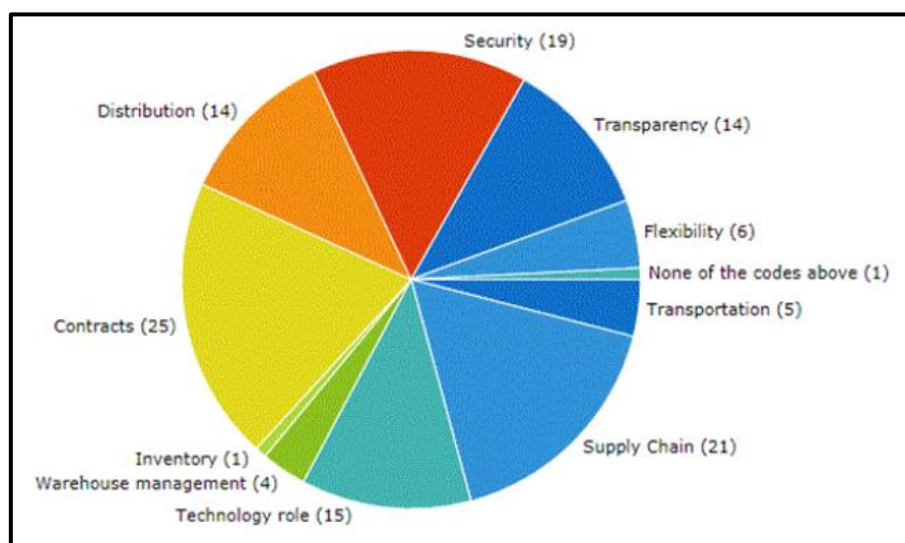
## **5. Blockchain aplicat al sector logístic**

### **5.1 Anàlisi general**

Els elevats requeriments de la indústria manufacturera i la dificultat actual per controlar de manera clara i transparent el flux de mercaderies, fa que les empreses del sector estiguin en cerca constant de noves metodologies de seguiment. En els darrers anys, la tecnologia Blockchain ha demostrat sobradament la capacitat de control en flux de transaccions, de manera que grans empreses aposten per aquesta com alternativa que pot fer que tot el procés estigui molt més controlat i sigui més eficient. Tot i així, cal tenir en compte que és una tecnologia que es troba encara en una fase molt inicial del seu procés d'adaptació, de manera que encara està en desenvolupament en empreses amb departaments I+D i no s'ha estès de manera comercial a gran escala al sector industrial.

Par tant, podríem dir que l'aplicació del Blockchain al sector logístic encara es troba en una fase inicial on veiem moltes iniciatives importants i realitzacions de proves pilot. Hi ha una gran diversitat d'empreses en el sector que aposten per aquesta tecnologia, des de grans multinacionals fins petites start-ups que veuen en el Blockchain una gran oportunitat de creixement. Una vegada finalitzi aquesta fase, es previsible assolir la consolidació, on podrem començar a veure implementacions a gran escala. Per tant, ens trobem en un moment històric idoni per explorar i detectar noves avantatges competitives que pugui oferir el Blockchain en casos de negoci reals. Com a passat amb altres avanços tecnològics les empreses que abans s'han adaptat als nous models de negoci són les que més han perdurat i crescut en el temps.

Si observem següent gràfic, realitzat per *Research Group Innovation and Business Management* de la Universitat Politècnica de Madrid (UPM), ens mostra diverses aplicacions possibles basades en tecnologia Blockchain que podrien ser implementades en operacions logístiques. Els camps que més destaquen en aquest sector amb més usos freqüents segons aquest estudi serien els contractes, la distribució, seguretat i Supply Chain. En el sector industrial, el model Blockchain que més destaca són els *Smart Contracts*.



**Figura 28 - Aplicacions a sector logística basades en Blockchain**

## **5.2 Casos d'ús**

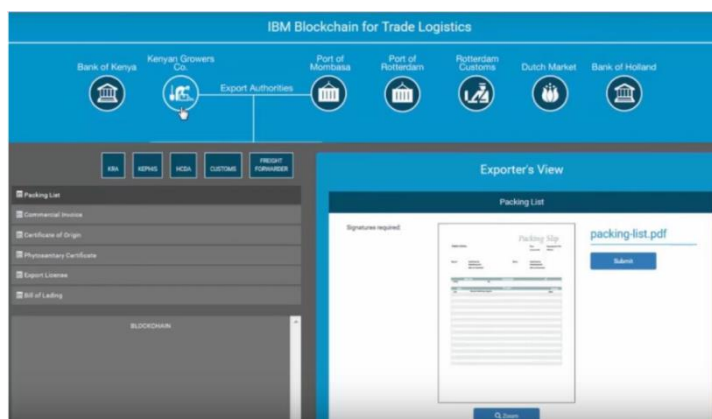
Per poder tenir una visió de l'estat de l'art actual de l'aplicació de la tecnologia Blockchain al sector logístic, procedirem a analitzar iniciatives reals que s'han aplicat en aquest àmbit. Per fer-ho, hem fixat quatre categories principals d'actuació segons el mateix informe de la consultoria Minsait (by Indra). Conèixer les aplicacions que s'estan efectuant arreu del món farà que puguem acabar de consolidar el nostre model de seguiment i aportar noves idees envers l'aplicació del Blockchain al sector manufacturer. Per acabar d'interioritzar i entendre els casos d'ús als que fem referència per a cadascuna de les categories d'aplicació veurem un exemple de cas real. En aquest cas, l'objectiu no és analitzar amb profunditat l'exemple, sinó assolir una idea global de les possibles aplicacions del Blockchain al sector logístic.

### **5.2.1 Comerç internacional (MAERSK)**

Actualment podem observar diverses iniciatives d'aplicació de tecnologia Blockchain basades en el comerç internacional. Com hem pogut observar anteriorment el model d'exportació més comú en aquest tipus de transports és el portuari, el qual engloba aproximadament el 80% del volum de mercaderies. Aquests, es tracten d'entorns on hi ha una alta complexitat operacional, degut principalment al gran nombre d'intermediaris i processos burocràtics a realitzar, de manera que es converteix en un escenari òptim on poder-se aprofitar de les avantatges que ens ofereix la tecnologia Blockchain.

Precisament l'elevat nombre de processos burocràtics és un dels principals factors que juguen en contra del transport internacional ja que s'estima que poden arribar a suposar entre un quinze i un cinquanta per cent del cost total del transport, a banda del temps que alenteix l'entrega de les mercaderies. Un exemple, és l'enviament de productes refrigerats entre el port de Kenia i el de Rotterdam, segons M. Villegas [2021] en el llibre "Blockchain y su aplicación a la cadena de suministro" es necessiten aprovacions i permisos d'uns trenta intermediaris diferents que han d'interactuar en més de dos-cents ocasions per consolidar el transport.

Per tal de solventar tots aquests problemes, l'any 2015 MAERSK (una de les navilieres més grans a nivell mundial) i IBM (Empresa tecnològica capdavantera en el sector) es van aliar per tal d'implementar la tecnologia Blockchain en el sector. Conjuntament, van crear una plataforma on es poden connectar tots els intermediaris, de manera que es pugui digitalitzar el flux de comerç i rastrejar els enviaments en qualsevol instant. Aquests, poden introduir les dades, penjar i signar documents o realitzar aprovacions des d'una mateixa plataforma, de manera que tota la informació es troba recollida en un mateix sistema que funciona mitjançant Smart Contracts, els quals validen la pròpia operació.



**Figura 29 - Plataforma IBM i MAERSK. Blockchain comerç extern [Font: Thesus]**

### 5.2.2 Última milla (Walmart)

El transport d'última milla, també conegut com distribució capil·lar, és aquell que es desenvolupa en les darreres fases d'una entrega. Com bé sabem, des de que el client adquireix el producte fins que arriba a les seves mans, aquest acostuma a passar per diversos magatzems o intermediaris, el transport d'última milla, és aquell que distribueix el producte des del darrer punt d'emmagatzematge fins el client. Aquests tipus de transports acostumen a ser al detall amb volums reduïts i tenen una alta dificultat ja que els clients volen el seu producte amb un període d'entrega complert i acostumen a haver molts destins diversos. Per tan, dur a terme un control de tot el sistema de repartiment pot arribar a ser molt tediós i tenir un alt nivell de dificultat.

La gran multinacional de *retailing* "Walmart" té una dificultat afegida, ja que treballa de manera periòdica amb productes alimentaris. D'aquests, necessita tenir constància de la màxima informació possible envers el seu origen per tal de complir amb tots els requisits de seguretat alimentària. Per tal de posar solució i obtenir una millora substancial en la traçabilitat dels productes, Walmart va iniciar un projecte amb l'empresa IBM on van desenvolupar un sistema basat en Blockchain privat "Food Trust" per poder compilar totes les dades. Aquest, ha reduït dràsticament el temps de rastreig de mercaderies, el qual a passat de diversos dies a només uns segons. Això, ha jugat un paper molt important i ha suposat grans millores econòmiques i de seguretat alimentària, ja que és molt més fàcil detectar i localitzar els epicentres d'infermetats o brots epidèmics alimentaris.

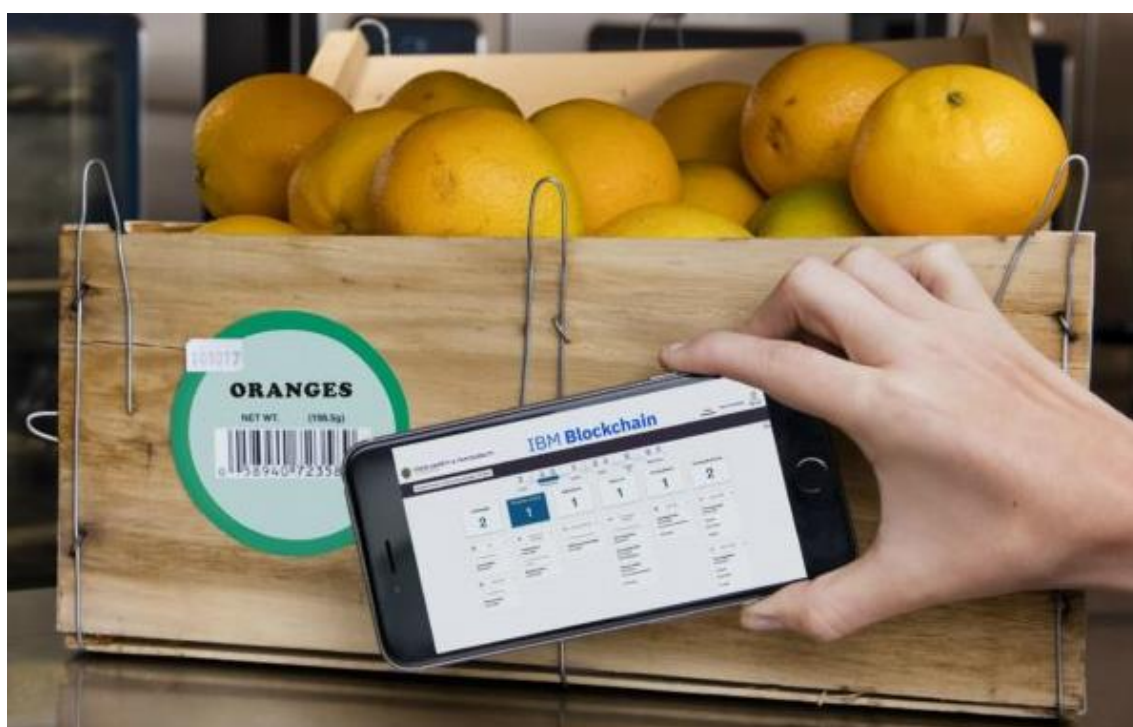


Figura 30 – Food trust (Walmart + IBM) [Font: Rutalia]

Actualment, el projecte està creixent juntament amb l'aplicació de Internet of Things, i estan desenvolupant un sistema basat en el mateix Blockchain que permeti controlar una flota de drons que efectuïn el repartiment dels productes a clients finals.

### **5.2.3 Traçabilitat i autenticació (Everledger i Provenance)**

Quan parlem de compra-venda de productes valuosos, és molt difícil determinar si allò que s'està adquirint és realment el que el venedor afirma. En aquest mercat, hi ha un gran nivell de frau, el qual provoca pèrdues als compradors valorades en quasi dos mil milions d'euros anuals a nivell mundial. Tot i que els objectes valuosos acostumen a anar acompanyats de certificats d'autenticitat, aquests es poden perdre o inclús poden ser falsificats, de manera que és molt difícil poder garantir l'autenticitat d'una obra d'art o una joia. Motivada per aquest factor, l'any 2015 va néixer Everledger, una startup basada en Blockchain que té com a objectiu garantir l'autenticitat de qualsevol dels objectes de valor que els seus clients vulguin comprar o vendre. L'empresa, té una Blockchain on emmagatzema les dades de tot tipus d'objectes (diamants, obres d'art, vins...) amb més de 40 tipologies de dades diferents (físiques, de propietat, composició, documents...) per tal de garantir l'autenticitat d'aquesta. Mitjançant Everledger, els compradors poden adquirir qualsevol producte i saber la seva procedència i antics propietaris, així com corroborar que allò que estan comprant és exactament el que indica el venedor. El Blockchain, permet que es pugui accedir a la informació de manera instantània, alhora que fa que aquesta sigui immutable per qualsevol usuari o hacker i totalment segura per als clients.

Un altre exemple de Blockchain aplicat a la traçabilitat del producte és l'executat per l'empresa tecnològica Provenance. Aquesta, té com objectiu que la cadena de subministrament sigui el més transparent possible, de manera que quan un client vulgui analitzar un producte obtingui infinitat de dades sobre la seva procedència. La majoria d'aquestes estan relacionades amb la contaminació del producte i l'obtenció de matèria prima, on es busca també abolir la sobreexplotació dels treballadors arreu del món.

### **5.2.4 Transport terrestre (A2B)**

L'empresa Nord-Europea d'agents de càrrega A2B basada en Blockchain es dedica a la gestió de transportistes que els seus clients poden contractar per transportar una càrrega concreta. En aquesta, els clients indiquen la tipologia de càrrega a traslladar i la zona de procedència i els diversos transportistes poden aplicar per dur a terme el transport, posteriorment els clients poden puntuar el servei realitzat per a que serveixi com a referència a nous clients. La tecnologia Blockchain, permet enregistrar totes les dades i tramitar les sol·licituds mitjançant Smart Contracts, els quals es validen automàticament si es compleixen els requeriments.

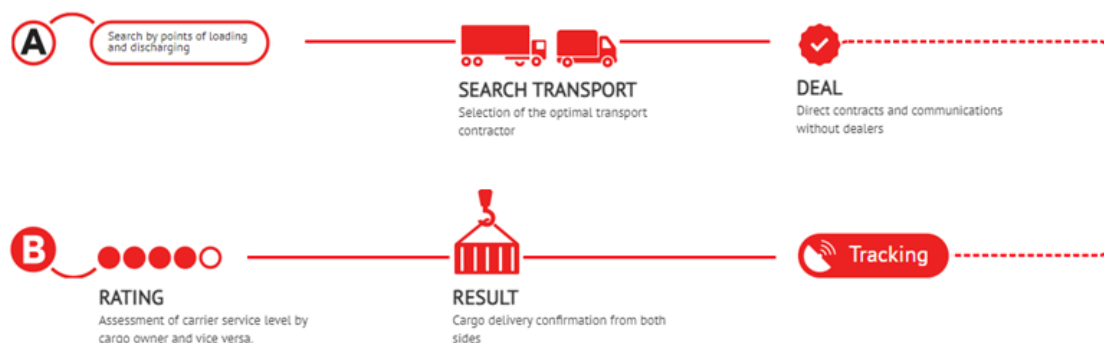


Figura 31 - A2B model de negoci [Font: A2B web]

### 5.3 Impacte Blockchain sector logístic

Una vegada analitzat el funcionament de les xarxes Blockchain i diversos models d'aplicació a la realitat en el sector logístic i d'exportació de mercaderies, procedirem a fer una estimació de l'impacte que aquest pot tenir el model de gestió actual del sector. Cal tenir en compte, que ens trobem en una fase inicial i la tecnologia és molt recent de manera realitzar una previsió pot ser molt complicat degut a l'acceptació que pot tenir en diversos països i organitzacions. Tot i així, el gran esforç realitzat per les multinacionals més potents del sector fa pensar en la tecnologia Blockchain com el futur de la gestió de dades i millora del model de gestió, concretament impulsat per la capacitat dels Smart Contracts.

Analitzades les dades, procedirem a destacar els principals impactes que suposa l'aplicació de la tecnologia Blockchain en el sector logístic, fent especial incís en l'àmbit d'exportacions de mercaderies a nivell nacional i internacional.

**Taula 4 - Impactes Blockchain al transport de mercaderies [Font: Elaboració pròpia a partir de Acadèmia del transportista]**

Positius	
Impacte	Descripció
<b>Capacitat d'informació</b>	La tecnologia Blockchain permet emmagatzemar a la base de dades molta informació envers el trajecte i mercaderies, així com desar documents com albarans o CMR. D'aquesta manera, es poden tenir tots els <b>documents</b> utilitzats <b>en un mateix indret</b> sense perill que aquests es puguin perdre.
<b>Sense intermediaris</b>	Una de les grans aportacions positives que pot aportar el Blockchain al sector de transport de mercaderies és abolir la necessitat d'intervenció de diversos intermediaris mitjançant l'ús de Smart Contracts. Això, no només suposa un <b>estalvi en el cost</b> operatiu, si no que també <b>redueix el temps</b> de gestió de manera molt considerable.
<b>Unificació de canals</b>	El ús de Smart Contracts fa que es doni la possibilitat de crear una <b>mateixa plataforma</b> on consti tota la informació i documents de l'exportació. D'aquesta manera, tant el client com el venedor o operadors logístics poden introduir tota la informació a la plataforma, la qual també es pot actualitzar de manera automàtica si ho combinem amb IoT. Aquest tret, facilita molt la feina de gestió i seguiment de les mercaderies.
<b>Traçabilitat</b>	Una de les característiques del Blockchain és la seva estructura mitjançant cadena de blocs. Aquesta, com hem pogut veure, ens indica el bloc que precedeix a la transacció. Per tant, podem recopilar <b>molta informació</b> envers una mateixa mercaderia com ara els ports on ha estat, camioners que l'han portat, nombres de contenidors...

<b>Fiabilitat</b>	El ús de Smart Contracts fa que puguem programar el sistema per tal que aquest sigui molt més fiable. Un dels factor que ens pot ajudar a millorar la fiabilitat de la informació és limitar les entrades per tal que <b>només</b> es puguin introduir <b>dades correctes</b> . Per exemple, no donar per vàlida la matrícula d'un camió si aquesta no correspon amb la numeració vigent. (NNNN XXX)
<b>Seguretat</b>	Com bé sabem, la tecnologia Blockchain té com màxim exponent de les seves característiques la seguretat. Això, es deu principalment a la seva capacitat d' <b>immutabilitat</b> . En el cas de les xarxes privades, també podem <b>limitar</b> les persones que tenen <b>accés</b> , així com les seves autoritzacions (visualitzar, editar...) però en cap cas modificar.
<b>Polivalència</b>	Al llarg del document hem pogut veure moltes aplicacions de la tecnologia Blockchain. Això, és deu a la seva polivalència, una de les principals característiques. En el sector de transport de mercaderies també es pot <b>adaptar a diverses empreses</b> i tipologies de transport, des de petites empreses nacionals de transport terrestre fins grans navilieres internacionals. A banda, també es podria ajustar per tal de fer-ne ús en empreses de transport inter-modal.
<b>Negatius</b>	
<b>Impacte</b>	<b>Descripció</b>
<b>Cost implementació</b>	Com totes les noves tecnologies, la major dificultat que tenen al principi és el <b>cost econòmic</b> que han d'assumir per adaptar el sistemes actuals a la seva usabilitat. Actualment, degut a que la tecnologia està en desenvolupament, el major cost a assumir es centra en I+D per crear models. Una vegada es consolidi la tecnologia i s'estandarditzi, aquest tipus de cost disminuirà de manera considerable.

Com podem observar, els impactes positius superen als negatius en gran mesura. Això, es deu principalment a que la tecnologia Blockchain permet implementar les mateixes aplicacions que existeixen a l'actualitat, però millorant el seu sistema de base de dades i seguretat. Per tant, inicialment la major avantatja que se'ns presenta és el cost de desenvolupament del software necessari. Una vegada consolidat i estandarditzat el model de gestió, és quan les diverses empreses començaran a fer ús i aprofitar les múltiples avantatges que aquests ens presenta.



## 5.4 DAFO Blockchain aplicat a la logística

Degut a que l'aplicació de la tecnologia Blockchain en el sector d'exportació de mercaderies està en fase de desenvolupament, procedirem a elaborar un anàlisi mitjançant una matriu DAFO. Amb aquest anàlisi, destacarem a nivell intern les fortaleeses i debilitats que l'alternativa proposada presenta, de la mateixa manera que estudiarem les oportunitats i amenaces a les que haurem de fer front tenint l'estat actual del sector. Una vegada haguem destacat les idees principals de cada apartat, procedirem a analitzar-los amb més profunditat, i posteriorment implementarem estratègies DAFO per tal de saber com posicionar-nos i els punts més crítics a abordar per tal d'aconseguir que el Blockchain es consolidi en l'àmbit de transport de mercaderies a nivell nacional i internacional.

Seguidament, podem observar la matriu DAFO amb les trets que més destaquen:

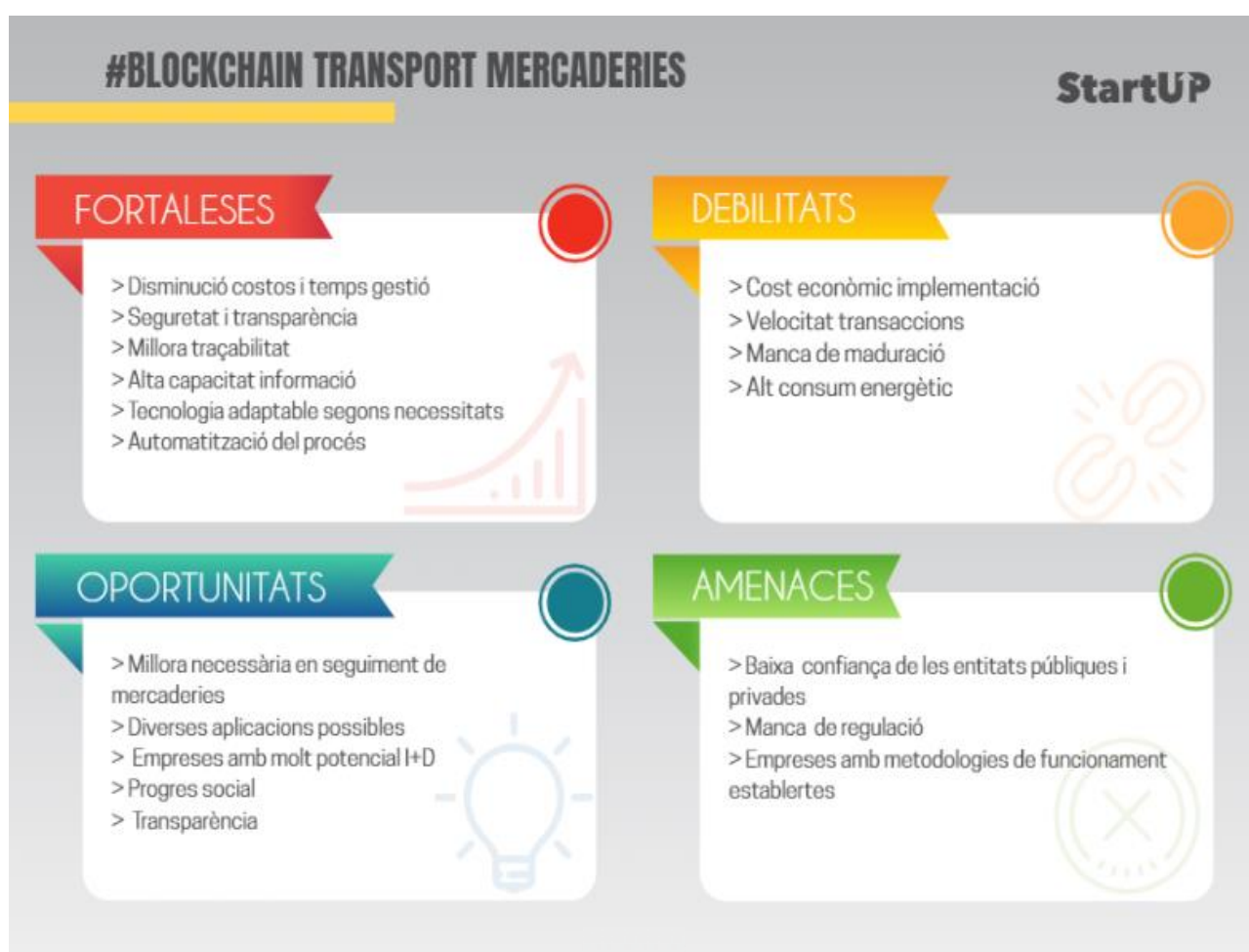


Figura 32 - DAFO Blockchain aplicat al transport de mercaderies [Font: Elaboració pròpia mitjançant Edit.org]

A primera instància, podem observar que l'aplicació de la tecnologia Blockchain al seguiment de mercaderies presenta moltes fortaleeses i oportunitats, el qual és molt beneficiós per una eina que es troba en un procés inicial de desenvolupament. Tot i així, hi ha diverses debilitats i amenaces a les quals s'ha de fer front per tal d'assolir el creixement ple. Per tant, seguidament analitzarem amb més profunditat com podem potenciar els trets positius (fortaleeses i oportunitats), i com reduir l'impacte que poden tenir els negatius (debilitats i amenaces).

### 5.4.1 Anàlisi Fortaleses (FA)

Taula 5 - Anàlisi Fortaleses Blockchain aplicat exportació de mercaderies

FORTALESES	
Factors	Anàlisi Fortaleses i estratègia FA
Disminució de costos i temps de gestió	<p>Les majors forteses que podem destacar de l'aplicació del Blockchain al sector, són les relacionades directament amb els impactes positius que aquest ofereix. Com hem pogut veure, l'ús del Blockchain de per sí ens aporta la traçabilitat, transparència i seguretat, però a banda també ens permet crear plataformes des de les quals poden intervenir els diversos intermediaris, de manera que podem aconseguir grans avantatges. La millor manera de <b>potenciar</b> aquestes forteses és mitjançant la creació de <b>plataformes específiques</b> en funció de les necessitats de les empreses, sempre partint de la base de les possibilitats que ens ofereix la pròpia xarxa Blockchain. Per fer-ho es pot partir d'una mateixa plataforma utilitària o estàndard a la qual se li poden activar o desactivar diverses funcions depenent de les necessitats del client final.</p> <p>Això, ens permet <b>reduir</b> una de les principals <b>amenaces</b> del sector, basada en el desconeixement ja que d'aquesta manera no es trobarien davant una plataforma complexa i de difícil enteniment, sinó que es trobarien amb un sistema adaptat a les funcions que necessiten.</p>
Seguretat i transparència	
Millora traçabilitat	
Alta capacitat informació	
Tecnologia adaptable segons necessitats	
Automatització del procés	

### 5.4.2 Anàlisi Debilitats (DO)

Taula 6 - Anàlisi Debilitats Blockchain aplicat exportació de mercaderies

DEBILITATS	
Factors	Anàlisi Debilitats i estratègia DO
Cost econòmic implementació	<p>Pel que fa a les debilitats de l'alternativa proposada, les podem dividir en dos grups principals. El primer, és la velocitat de transacció i consum energètic, el qual va directament lligat a la xarxa Blockchain. Per tal de reduir l'impacte d'aquests ho podem fer mitjançant el desenvolupament de <b>xarxes privades</b> i l'ús de <b>Smart Contracts</b>. D'aquesta manera, és la pròpia xarxa la que valida la transacció i fins que no sigui correcta no es pot afegir a la base, disminuint així el temps i consum de les transaccions utilitàries.</p> <p>D'altra banda, ens trobem amb la manca de maduració i el cost econòmic de la implementació. En aquest cas, la millor solució és <b>recolzar-se en l'Oportunitat</b> de diverses empreses potents en el sector a nivell I+D que apostin per la tecnologia i <b>aportin els fons i esforç</b> necessari fins que s'assoleixi el correcte funcionament de la plataforma.</p>
Velocitat transaccions	
Manca de maduració	
Alt consum energètic	



### 5.4.3 Anàlisi Oportunitats (FO)

Taula 7 - Anàlisi Oportunitats Blockchain aplicat exportació de mercaderies

OPORTUNITATS	
Factors	Anàlisi Oportunitats i estratègia FO
Millora necessària en seguiment de mercaderies	<p>La major oportunitat que trobem actualment és precisament la necessitat del sector de trobar una alternativa o millora al model de gestió actual. Com hem pogut observar, les empreses es troben amb molts problemes a l'hora de realitzar el seguiment d'una mercaderia des del punt que surt de la seva planta fins quan el destinatari la rep a les seves instal·lacions, fet al que la tecnologia Blockchain podria posar remei. A banda, moltes de les grans potències del sector (IBM, Maersk, Walmart...) aposten per aquesta alternativa com a millor solució per al problema, de manera que els fons i capacitat de I+D estan garantits.</p> <p>La manera en que podem <b>potenciar les oportunitats mitjançant les fortaleces</b> de la tecnologia, és aprofitar la capacitat d'adaptació del Blockchain, ja que una mateixa variant pot servir com a base per diverses plataformes i tipologies d'exportació, així com oferir al client alternatives que actualment no és poden dur a terme com ara plataformes comuns per a tots els intermediaris.</p>
Diverses aplicacions possibles	
Empreses amb molt potencial I+D	
Progrés social	
Transparència	

### 5.4.4 Anàlisi Amenaces (DA)

Taula 8 - Anàlisi Amenaces Blockchain aplicat exportació de mercaderies

AMENACES	
Factors	Anàlisi Amenaces i estratègia DA
Baixa confiança de les entitats públiques i privades	<p>La principal amenaça a la qual han de fer front els models de Blockchain aplicats a transport de mercaderies és precisament la novetat que suposen dintre del sector. De la mateixa manera que totes les noves tecnologies, necessiten un temps de desenvolupament i creixement fins que no arriben a la seva fase de consolidació. En el cas del Blockchain, això li repercuteix principalment a nivell de normativa reguladora (com ja ha passat amb cripto-monedes en alguns països) així com a nivell de confiança empresarial. Cal tenir en compte, que moltes empreses són reticents a fer ús d'una eina que no coneixen del tot bé i encara no està estandarditzada. Per tant, la millor manera per fer front a aquestes amenaces externes és <b>potenciar</b> el creixement i <b>donar a conèixer</b> el nou model de gestió dintre del sector.</p> <p>Per tal de <b>reduir les amenaces</b>, podem fer incís en fer <b>front a diverses debilitats</b> del sistema. Per exemple, podem fer ús de xarxes Blockchain privades o "Demo", les quals no suposarien un cost al client i podrien provar el sistema durant un temps determinat abans d'adquirir-lo.</p>
Manca de regulació	
Empreses amb metodologies de funcionament establertes	

## **6. Creació Blockchain pròpia**

Com a fase final del projecte, i amb l'objectiu de consolidar els coneixements i fer una demostració de la possibilitat d'aplicació del Blockchain a l'exportació de mercaderies, hem decidit implementar una Blockchain pròpia per tal de poder fer una demostració del seu funcionament. La finalitat, és poder indicar la localització del nostre producte i visualitzar-ho des de qualsevol altre dispositiu.

Programar un Smart Contract a la Blockchain de Ethereum i interactuar amb aquesta ens suposaria invertir capital real. A banda, per cada intent de funcionament i demostració del Smart Contract hauríem de fer front a un cost concret. Per evitar aquesta despesa, farem ús d'una Blockchain de prova anomenada Rinkeby, la qual simula l'entorn de funcionament de la xarxa Ethereum i utilitza un Token anomenat també *ether*, els quals en aquest cas no tenen un valor econòmic. Rinkeby, està específicament dissenyada per provar Smart Contracts, però cal destacar que al no estar subjecte al protocol Ethereum no es pot assegurar la seva immutabilitat, de manera que fer ús de la paraula Blockchain en aquest cas no és correcte. Per tal d'adquirir aquests *tokens*, ho podrem fer mitjançant la plataforma d'operacions amb criptomonedes Metamask.

En aquesta fase, mitjançant l'aplicació del llenguatge de programació Solidity [Annex 9.2] a la plataforma Remix, buscarem simular el nostre Smart Contract, el qual posteriorment intentarem visualitzar a la xarxa global Etherscan per tal de poder fer una demostració real.

### **6.1 Remix**

Per tal de poder programar el nostre Smart Contract necessitem un IDE que s'adapti al llenguatge de programació Solidity i ens permeti comprovar i compilar el codi. En aquest as, farem ús de IDE Remix, el qual ens permetrà programar de manera online, sense necessitat d'instal·lar cap programa. Una de les avantatges que presenta Remix, és que permet programar, compilar (amb diverses tipologies) i pujar el codi a la cadena de blocs. Seguidament, podem observar la seva interfície operativa o *display*.

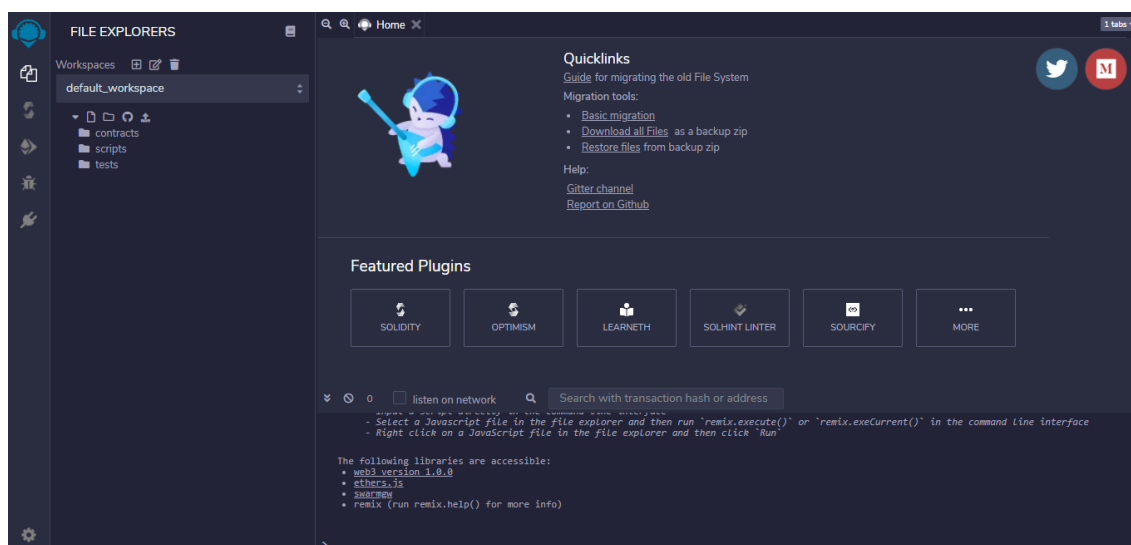
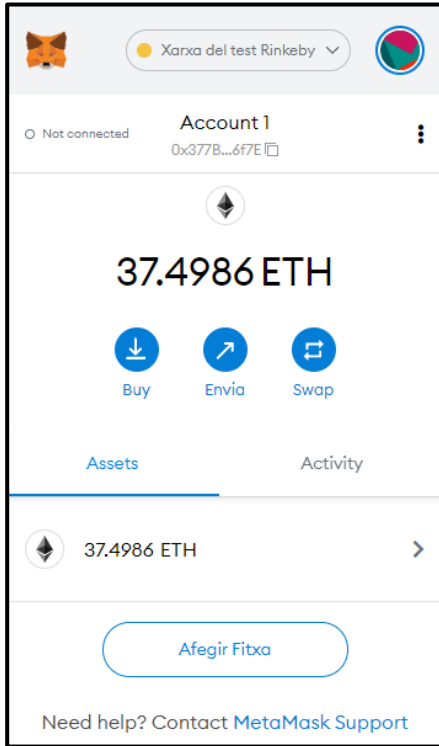


Figura 33 - Interfície d'ús IDE Remix on programarem amb Solidity [Font: Remix]

## 6.2 Metamask

Per tal de poder crear i treballar amb el nostre Smart Contract a la xarxa Rinkeby, primerament haurem de fer un dipòsit de *ether* a una cartera de cripto-monedes. Per fer-ho, utilitzarem Metamask, un Software d'intercanvi de criptó-monedes que s'instal·la com extensió del navegador per tal de poder interactuar amb la plataforma.



Com podem observar, aquest és el display que ens ofereix Metamask una vegada instal·lem l'extensió i creem un compte. En aquest cas, ja es poden veure afegits els fons a la nostra cartera [Annex 9.3]. Tal i com es veu a la part superior de la imatge, els fons es troben a la xarxa Rinkeby, de manera que encara que disposem de 37,5 ETH aquests no tenen cap valor econòmic real i només serveixen dintre de l'entorn de proves Rinkeby.

La nostra cartera de ETH, té un Hash concret, el qual es pot visualitzar i copiar sota el nom "Account 1". Dintre de la mateixa plataforma podem adquirir, enviar o intercanviar els Token. Una tenim pre-carregats els ether a la nostra cartera, podrem efectuar els diversos pagaments necessaris al llarg del procés. En el nostre cas, necessitarem els fons a l'hora de validar o modificar el Smart Contract, així com quan vulguem pujar o actualitzar una dada una vegada tinguem aquest creat.

**Figura 34 - Display Metamask [Font: Metamask]**

## 6.3 Programació amb Solidity

Una vegada tenim els *ether* al nostre compte Metamask, detallat al procediment annex, podem començar amb la programació del Smart Contract mitjançant el llenguatge Solidity. Aquest procés, consta de diverses fases que anirem detallant posteriorment.

### 6.3.1 Creació Smart Contract

El primer que fem una vegada hem accedit a la plataforma Remix, és crear el fitxer on programarem el nostre Smart Contract. Al nostre contracte, l'hem anomenat com "1\_BlockChainMercaderies". És important destacar, que introduïm el "1" a l'inici del contracte per tal d'establir un ordre de programació, és a dir, en cas de voler introduir més contractes el seu valor inicial (1,2, 3...) marcarà l'ordre en que es compilarà. L'extensió ".sol" indica que es tracta d'un contracte programat amb Solidity.

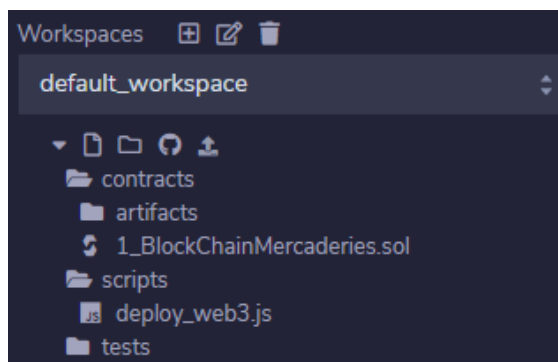


Figura 35 - Fitxer "Smart contract" [Font: Remix]

### 6.3.2 Llicència del contracte

Una vegada creat el fitxer que conté el nostre Smart Contract, podem procedir a la seva programació. El primer que hem d'indicar a tot contracte, és la llicència que apliquem, la qual indicarà el tipus de permisos i limitacions que tindrà el nostre contracte. Una llicència privada, no podrà ser modificada ni copiada, mentre que una *Open Source* permetrà re-programar el teu contracte a qualsevol usuari. A la Web "SPDX- License List" podem trobar un llistat de totes les llicències que podem utilitzar, així com les seves característiques i limitacions. En el nostre cas degut a que es tracta d'un contracte de prova amb finalitats docents, definirem que operarà la llicència MIT, la qual és Open Source i permet a qualsevol usuari utilitzar-la lliurement amb les següents característiques, especificades a la llista "SPDX- License List

*THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.*

Per definir la llicència en el contracte, utilitzem el següent comandament.

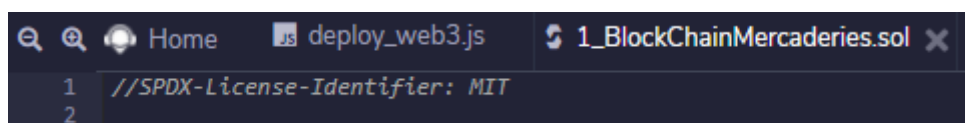
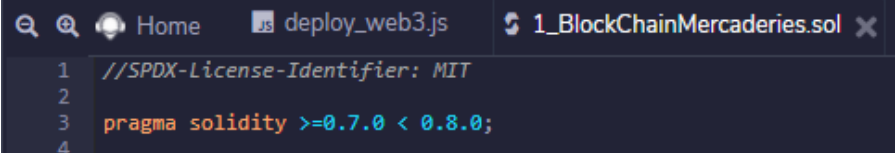


Figura 36 - Llicència de compilador [Font: Remix]

Cal destacar, que encara que es defineix com un comentari amb “//”, en cas d’introduir incorrectament el nom de la llicència, aquesta no es compilarà.

### **6.3.3 Versió de compilador**

Un dels passos més importants a realitzar abans de començar a programar el codi funcional d’un Smart Contract és definir la versió de compilador que utilitzarem. Això, és deu a que de manera mensual s’acostuma a actualitzar el programari compilador de Ethereum, la qual en alguns casos realitza modificacions transcendents respecte versions més antigues. Aquest factor, podria fer que el nostre codi es quedés obsolet i deixés de funcionar amb els compiladors actualitzats, de manera que hem de definir un rang on volem que compili el programari. En el nostre cas, quan realitzem la programació amb la versió 0.7, però totes les versions derivades d’aquesta (0.7.1, 0.7.2....) son aptes per tal de compilar el nostre codi. Les modificacions més substancials són aquelles que tenen lloc quan la versió primària es modifica, de manera que si el programari passa a la versió 0.8 en nostre codi no estaria preparat i podria quedar obsolet. Per tant, procedirem a definir aquest marge respecte les versions operatives. Per fer-ho, utilitzem el següent comandament després de la llicència.



```

1 //SPDX-License-Identifier: MIT
2
3 pragma solidity >=0.7.0 < 0.8.0;
4

```

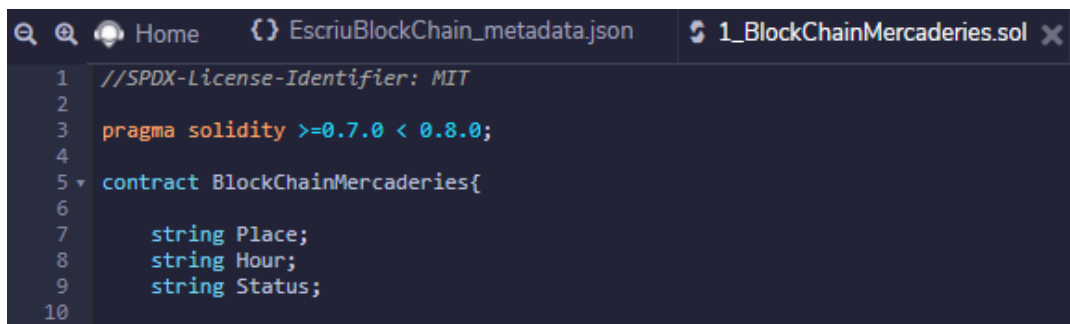
Figura 37 - Versió de compilador [Font: Remix]

Amb aquesta instrucció, indiquem que el compilador vàlid sigui igual o major a la versió 0.7.0 (de manera que aquesta també sigui vàlida), però menor que la 0.8.0 per tal que mai es compili amb aquesta nova versió.

### 6.3.4 Programació Smart Contract

Una vegada hem introduït les instruccions prèvies, podem començar a programar el codi operatiu del nostre Smart Contract. Cal destacar, que degut als nostres coneixements limitats de programació, estructurarem un programa simple que compleixi amb les instruccions bàsiques que permeten demostrar la validesa d'utilitzar tecnologia Blockchain en el sector d'exportació de mercaderies.

El primer que fem per començar a programar el codi operatiu del Smart Contract, és definir el seu nom. Tot i que inicialment ja ho hem fet al fitxer, aquest és el que indicarà al compilador quan comença i acaba el contracte, de manera que en el nostre cas utilitzarem el nom "BlockchainMercaderies". En aquest cas, ja no és necessari indicar cap ordre de compilació ja que es farà tal i com estan ordenats. Una vegada iniciem la programació del Smart Contract, definirem les variables que utilitzarem, en aquest cas, hem definit que volem els valors de Localització, Hora d'actualització i Estat de les mercaderies. Ho programem mitjançant:



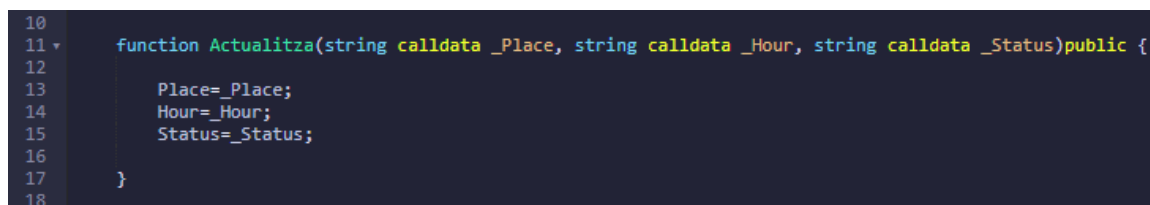
```

1 //SPDX-License-Identifier: MIT
2
3 pragma solidity >=0.7.0 < 0.8.0;
4
5 contract BlockchainMercaderies{
6
7     string Place;
8     string Hour;
9     string Status;
10

```

Figura 38 – Variables definides del contracte [Font: Remix]

Una vegada tenim definides les variables a utilitzar, implementem la part del codi que permeti introduir les dades a l'usuari que les vulgui actualitzar. Per fer-ho utilitzem.



```

10
11 function Actualitza(string calldata _Place, string calldata _Hour, string calldata _Status)public {
12
13     Place=_Place;
14     Hour=_Hour;
15     Status=_Status;
16
17 }
18

```

Figura 39 - Instruccions llegir variables [Font: Remix]

Aquesta instrucció, dona a l'usuari tres zones de text on escriure els camps que especifiquem com a necessaris. Posteriorment, pot clicar a "Actualitza" per a que els camps quedin penjats a la xarxa Blockchain.

A banda de pujar les dades a la xarxa, ens interessarà poder llegir-les des de qualsevol lloc. Per permetre aquesta funcionalitat, implementem diverses funcions de lectura, una per cadascuna de les dades.

```

18
19 ▾ function Localitzacio() public view returns (string memory ){
20
21     return Place;
22
23 }
24
25 ▾ function Hora() public view returns (string memory){
26
27     return Hour;
28
29 }
30
31 ▾ function Estat() public view returns (string memory){
32
33     return Status;
34
35 }

```

Figura 40 - Instruccions llegir variables [Font: Remix]

Amb totes aquestes instruccions, donem per finalitzada la programació del codi amb Solidity, el qual deixem escrit al [Annex: 9.4] per a tots els lectors que vulguin agafar-lo i donar-ne ús. En aquest cas, el nostre nivell de coneixement de la tecnologia Blockchain ha suposat diverses dificultats i limitacions, ja que no hem pogut implementar totes les funcionalitats desitjades, com per exemple retornar totes les variables en una mateixa funció o aplicar un *display* específic per introduir les hores.

Per acabar de configurar el codi del nostre Smart Contract, només ens queda adaptar el fitxer "Script-deploy\_web3" que apareix a una de les carpetes del programa. Aquest, conté un codi ja programat amb les instruccions necessàries per executar el compilador (cost de transacció, passar a bytecode...). En el nostre cas, la única part que modificarem és el nom del contracte, on introduïrem el que hem especificat anteriorment al nostre codi.

```

// Right click on the script name and hit "Run" to execute
(async () => {
  try {
    console.log('Running deployWithWeb3 script...')

    const contractName = 'BlockchainMercaderies' // Change this for other contract
    const constructorArgs = [] // Put constructor args (if any) here for your contract

    // Note that the script needs the ABI which is generated from the compilation artifact.
    // Make sure contract is compiled and artifacts are generated
    const artifactsPath = `browser/contracts/artifacts/${contractName}.json` // Change this for different path

    const metadata = JSON.parse(await remix.call('fileManager', 'getFile', artifactsPath))
    const accounts = await web3.eth.getAccounts()

    let contract = new web3.eth.Contract(metadata.abi)

    contract = contract.deploy({
      data: metadata.data.bytecode.object,
      arguments: constructorArgs
    })

    const newContractInstance = await contract.send({
      from: accounts[0],
      gas: 1500000,
      gasPrice: '30000000000'
    })
    console.log('Contract deployed at address: ', newContractInstance.options.address)
  } catch (e) {
    console.log(e.message)
  }
})();

```

Figura 41 - Nom del Smart Contract a Script [Font: Remix]

### 6.3.5 Compilar Smart Contract

Ja redactades les instruccions del nostre Smart Contract, el primer que hem de fer per corroborar que el codi és executable i no té errors és compilar-lo.

Per fer-ho, anem a la pestanya del compilador Rubix on ens demana la versió de compilador que volem utilitzar. En el nostre cas, degut a que tal i com hem especificat, hem programat el nostre codi amb una versió que oscil·li entre igual o superior 0.7 i inferior a 0.8 utilitzarem la versió del compilador disponible més actualitzada (sempre inferior al 0.8), en aquest cas, hem escollit la versió 0.7.6.

Posteriorment, seleccionem Solidity com el llenguatge de programació executat i no especificarem cap compilador concret. Una vegada haguem fixat aquests paràmetres, cliquem a Compilar per tal que s'executi l'eina.

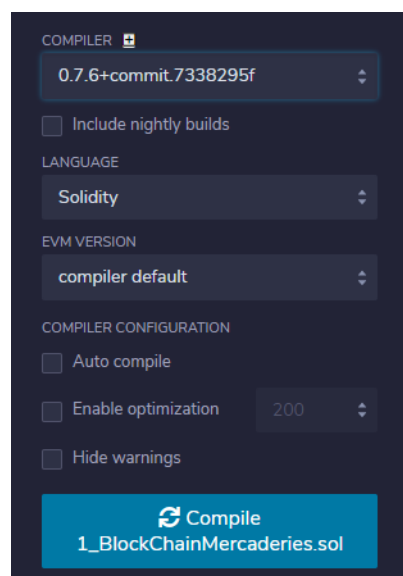


Figura 42 - Compilar programa [Font: Remix]

Una vegada hem compilat el programa, veurem que ens apareixen diverses opcions com ara publicar el contracte a IPFS o visualitzar els detalls de la compilació. Si cliquem aquesta opció, veurem diversos camps més detallats com nom, metadata (amb entrades, sortides, versions...), transposicions a bytecode...

### 6.3.5 Desplegar Smart Contract

Ja compilat el Smart Contract, podem procedir a pujar-lo a la xarxa Ethereum, de manera que anirem a l'apartat "Deploy & Run Transactions".

Per desplegar el nostre contracte a la xarxa Ethereum haurem d'utilitzar Metamask, el operador de criptomonedes que hem programat anteriorment. Per tant, indiquem que utilitzarem "Injected Web3" i la nostra cartera de Ethereum, així com el contracte que volem desplegar a la xarxa. Una vegada tenim totes les dades introduïdes, fem clic a Deploy, de manera que el procés començarà i automàticament s'obrirà la nostra extensió de Metamask que ens demanarà la confirmació per tal de poder executar el desplegament del contracte.

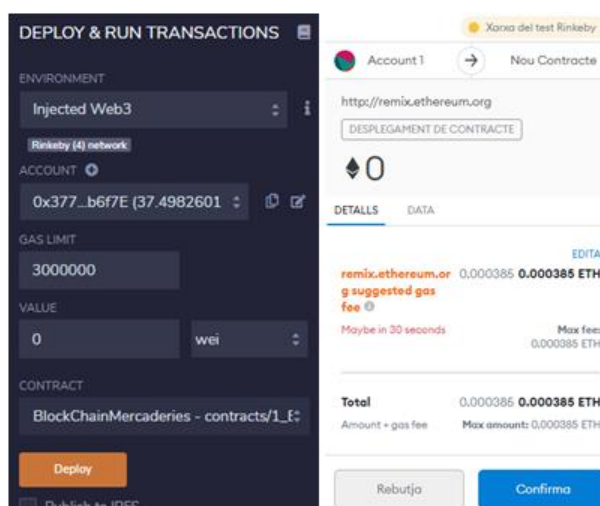
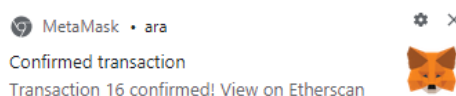


Figura 43 - Desplegament i confirmació Contracte [Font: Remix i Metamask]

Com veiem, en aquest cas ens indica que la transacció té un cost de 0.000385ETH, el equivalent a 1,27€. Tot i així, degut a que estem utilitzant una xarxa de proves Rinkeby, això no tindrà cap cost real per nosaltres.



Una vegada hem confirmat el desplegament del Smart Contract, el servidor ens manté uns segons en espera, posteriorment, ens apareix el següent missatge on indica que la transacció ha tingut lloc satisfactòriament.

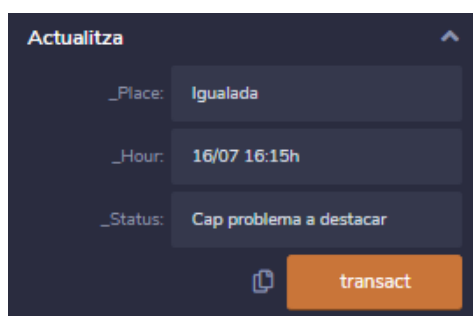


**Figura 44 - Validació de desplegament [Font: Metamask]**

Quan ens apareix aquest missatge, tornem al Remix i observem que s'ha creat un nou apartat on indica "Deployed Contracts. Ara, ja apareix el nostre contracte desplegat, el qual veiem disponible a [Annex: 9.4]

### **6.3.6 Smart Contract en funcionament**

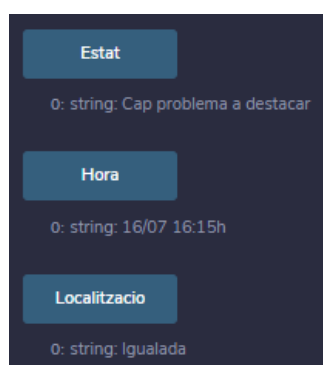
Ja desplegat el nostre Smart Contract, dintre de la mateixa plataforma Remix podem entrar per tal de corroborar la seva operativitat. Aquí, ens apareixeran diversos apartats on introduir i modificar les dades indicades. En primer lloc, veiem que ens apareix el camp "Actualitza", en el qual un usuari pot introduir una actualització de l'estat del transport.



Com exemple, hem introduït les dades de l'esquerra, que representarien el que per exemple pot escriure un camioner quan realitzi una parada a la ciutat d'Igualada sense cap problema a destacar. Una vegada introduïdes les dades, fem clic a "Transact", i novament ens surt la extensió de Metamask on es demana una confirmació de la transacció.

**Figura 45 - Actualització dades contracte [Font: Remix]**

En aquest cas, el cost imputat a una transacció d'actualització és de 0.000091ETH, el que equival a 0,31€. De la mateixa manera que quan hem validat el contracte, trigarà uns segons fins que es completi la transacció. Amb aquest procés que acabem d'executar, les dades ja estaran emmagatzemades a la Blockchain. Aquest fet que d'entrada sembla simple, indica que les nostres dades estan emmagatzemades a una xarxa immutable a la qual es pot accedir a nivell mundial i es troba a tots els nodes connectats. Per tant, acabem de penjar unes dades que no poden ser eliminades per ningú i a les quals tenim molt fàcil accés.



A continuació, podem procedir a llegir les dades actualitzades del sistema. Si anem al següent apartat, veiem que ens apareixen tres opcions diferents de lectura, a cadascuna de les quals podem recuperar una dada. En aquest cas, podríem visualitzar la darrera actualització que ha fet el camioner o qualsevol interventor des de qualsevol lloc. Per tant, sempre recuperarem la darrera actualització que ha pujat algú a la Xarxa Blockchain per tal de tenir les dades sempre actualitzades.

**Figura 46 – Resultats [Font: Remix]**

## 6.4 Etherscan

Etherscan és la plataforma capdavantera en “Blockchain Explorer” i anàlisi per Ethereum, na plataforma descentralitzada de contractes intel·ligents. Aquesta permet realitzar el seguiment de qualsevol contracte amb tokens, així com les seves transaccions i el seu estat.

### 6.4.1 Verificació contracte

Per accedir a la visualització amb Etherscan, dintre de la mateixa plataforma Remix copiem el Hash del contracte i el busquem a la plataforma. Aquí, veurem que ens surt el nostre Smart Contract a “Rinkeby Testnet Network”. Entre d'altra informació, observem les dues transaccions realitzades, la creació del contracte i l'actualització de la informació.

The screenshot shows the Etherscan interface for a Smart Contract on the Rinkeby Testnet Network. The contract address is 0x5a75c73a2332CC054d582d3c981Ab20B7be1828a. The contract overview shows a balance of 0 Ether. The transactions section shows two transactions: one for the contract creation and another for a transaction.

Txn Hash	Method	Block	Age	From	To	Value	Txn Fee
0xd981c5a06cfa08f5b78...	0xab7ee29	9248622	38 secs ago	0x377b48ef6224126860...	0x5a75c73a2332cc054d...	0 Ether	0.000090726
0x8b3e76ab41f65203da...	0x60806040	9248615	2 mins ago	0x377b48ef6224126860...	Contract Creation	0 Ether	0.000385073003

Figura 47 - Smart Contract a plataforma Ethereum [Font: Etherscan]

El següent pas a seguir, és confirmar que el nostre contracte és legítim i que l'hem creat nosaltres, de manera que es validi i confirmi que no te codi maliciós. Per fer-ho, accedim a l'apartat “Contract”, on fem clic a l'opció de “Verify and Publish”. Aquí, haurem de facilitar diverses dades com el llenguatge de programació, el compilador i versió utilitzada i el tipus de llicència a la qual estem subjectes. Seguidament, una vegada es validi aquest procés ens demanarà introduir el codi del nostre programa per finalitzar amb la validació del contracte. Una vegada es valida el contracte, veiem que se'ns mostra un seguit d'informació envers el contracte i els seus Outputs.

The screenshot shows the compiler debug log for a verified contract. It includes a note about the contract creation, a success message for generating ByteCode and ABI, and details about the compiler version, optimization, and runs.

```

Compiler debug log:
Note: Contract was created during TxHash# 0x8b3e76ab41f65203da2006d4f688b7f9235d4a2e19ca1deb7dcb14edd5b79056
Successfully generated ByteCode and ABI for Contract Address [0x5a75c73a2332CC054d582d3c981Ab20B7be1828a]

Compiler Version: v0.7.6+commit.7338295f
Optimization Enabled: 0
Runs: 200

ContractName:
BlockChainMercaderies
  
```

Figura 48 - Contracte Verificat i publicat [Font: Etherscan]

### 6.4.2 Treballar amb Etherscan

El més interessant d'haver verificat i publicat el nostre contracte, és que si ara tornem a visualitzar el Hash del contracte, ja no només ens apareix la informació referent al codi i les seves transaccions, sinó que el display es modifica ajustant-se al nostre programa. Com podem observar, dintre de la mateixa web Etherscan podem visualitzar els apartats *"Read Contract"* i *"Write Contract"*, amb les seves opcions corresponents.

The screenshot shows the Etherscan 'Contract' tab. At the top, there are three tabs: 'Transactions', 'Contract' (selected), and 'Events'. Below the tabs, there are three buttons: 'Code', 'Read Contract', and 'Write Contract'. A blue status bar indicates 'Connected - Web3 [0x377B...6f7E]'. Below this, there is a section titled '1. Actualitza'. It contains three input fields: '\_Place (string)' with the value 'Igalada', '\_Hour (string)' with the value '20:30', and '\_Status (string)' with the value 'Retencions A2'. At the bottom of this section is a blue 'Write' button.

En aquest cas, podem accedir a l'apartat Write Contract i actualitzar la informació referent al transport de les mercaderies, on introduïrem informació diferent per tal de visualitzar el canvi. En aquest cas, la plataforma també està connectada amb Metamask, de manera que si actualitzem s'activarà el procés de validació de pagament de Ether dintre de la plataforma Rinkeby i després d'uns segons es validarà.

Figura 49 - Actualització contracte a Etherscan [Font: Etherscan]

Una vegada actualitza la informació, podrem visualitzar dintre de la mateixa plataforma Etherscan totes les dades actualitzades del procés, dintre de l'apartat *"Read Contract"*.

Com hem especificat, aquestes dades ja estan actualitzades a una Blockchain Global, de manera que si posteriorment visualitzem la nostra aplicació Remix, també podem veure que les dades introduïdes a Etherscan s'han actualitzat i les podem visualitzar des de l'altra plataforma.

El més sorprenent, és que aquest procés que nosaltres estem realitzant des del nostre propi ordinador, el pot realitzar qualsevol usuari a nivell mundial des de qualsevol lloc. Sense cap institució o Govern que limiti el procés.

## **6.5 Accés mitjançant QR**

Per tal de facilitar als usuaris l'accés a la plataforma, hem implementat un sistema amb codi QR que redirigeixi als que vulguin actualitzar o modificar les dades del Smart Contract de manera més ràpida. D'aquesta manera, quan es creï un contracte per l'enviament d'una mercaderia, es pot adjuntar el QR amb l'albarà d'entrega. Amb aquesta metodologia, el camioner o qualsevol interventor pot introduir mitjançant el QR un resum de l'estat de les mercaderies, així com informació sobre les incidències produïdes.

Per tal de generar el QR, ho fem a qualsevol plataforma online, les quals a partir de l'enllaç o URL que desitgis generen el codi.



**Figura 50 - QR per actualitzar Smart Contract [Font: Códigos-QR]**

L'ús del codi QR, facilita l'accés i modificació del contracte. D'aquesta manera, és molt més senzill fer el seguiment de les mercaderies, ja que en cap cas l'usuari ha de buscar el Hash del contracte i introduir-lo dintre de la plataforma de seguiment Etherscan.

## **7. Conclusions**

S'ha pogut veure que la tecnologia Blockchain pot aportar una gran quantitat d'avantatges a qualsevol àrea o sector, principalment pel que fa a la transparència i seguretat que ens pot oferir degut a la seva propietat d'immutabilitat i metodologia de funcionament. Tot i així, és una tecnologia de creació molt recent que es troba en fase de desenvolupament en molts sectors i encara no ha arribat al seu estat de consolidació. Per aquest motiu, cal tenir sempre en compte algunes possibles desavantatges com ara el temps de validació d'una transacció o el cost associat al gran poder computacional necessari.

Pel que fa al sector logístic i de seguiment de mercaderies, s'ha constatat que és molt variable. En primer lloc, degut a la diferència de tipologies de seguiment de transport a l'actualitat, que fa que sigui molt difícil trobar un sistema de seguiment capaç d'unificar-les. En segon lloc, degut a la varietat d'empreses que efectuen seguiments de mercaderies. És molt comú, que empreses de transport específiques com ara navilieres, tinguin un sistema dissenyat que els permeti seguir la comanda des del punt de partida fins al port destí. Tot i així, una vegada aquesta mercaderia es carrega a un camió, es perd la traçabilitat i costa molt per a les empreses receptores tenir certesa de quan arribarà, havent de contactar amb empreses de transport que únicament poden oferir data de destí a port o matrícula de camió.

Si fem èmfasi en l'aplicació de la tecnologia Blockchain al seguiment de mercaderies, veiem que encara es troba en una fase de desenvolupament molt inicial, on només empreses molt potents com MAERSK en conjunt amb IBM centren els esforços de desenvolupament o I+D en consolidar un sistema de seguiment basat en aquesta tecnologia. Tot i així, després de l'anàlisi efectuat, es pot afirmar que hi ha una gran quantitat d'avantatges referents a aquesta associació. A part dels punts a favor que ens ofereix el propi sistema de gestió de dades amb protocol Blockchain, es detecta com un gran punt a favor la possibilitat d'implementar una plataforma de seguiment que pugui agrupar tots els interventors. Aquest tipus de plataforma, agilitzaria el procés i aconseguiria reduir en gran mesura el temps de gestió actual, a banda d'oferir una base de dades on es visualitzen tots els canvis i processos que ha patit un enviament en totes les seves fases.

Amb la xarxa Blockchain que s'ha implementat, s'ha pogut corroborar la viabilitat d'aplicació de la tecnologia a l'àmbit d'exportació de mercaderies. Tot i així, els coneixements limitats envers el Blockchain han impossibilitat la creació d'una plataforma o aplicació més automatitzada.

Finalment, concloure que s'han assolit tots els objectius plantejats en un principi, complint amb el propòsit del treball d'investigació. A banda, també destacar el gran valor en aprenentatge que suposa l'elaboració del present document i reafirmar el recolzament a la tecnologia Blockchain com a eina de futur per la millora de la metodologia de funcionament actual en tots els sectors.

## **8. Bibliografia**

- Repositorio.usm.cl. 2021. [online] Disponible a:  
<<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47346/3560900251199UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Visualitzat a Abril 2021].
- Cointelegraph. 2021. La paradoja de la blockchain: la descentralización a través de instituciones centralizadas. [online] Disponible a:  
<<https://es.cointelegraph.com/news/the-blockchain-paradox-decentralization-through-centralized-institutions>> [Visualitzat a Abril 2021].
- ComputerHoy. 2021. La historia del blockchain en cinco hitos: de 1997 a hoy. [online] Disponible a: <<https://computerhoy.com/reportajes/industria/historia-blockchain-cinco-hitos-1997-hoy-257817>> [Visualitzat a Maig 2021].
- Como programar en Ethereum en 2021. Escuela Crypto. [online] Disponible a:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=Dm4oRsxQKbE>> [Visualitzat a Juny 2021].
- Deloitte Spain. 2021. *Blockchain: visión tecnológica*. [online] Disponible a:  
<<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/blockchain-vision-tecnologica.html>> [Visualitzat a Juny 2021].
- Bit2Me Academy. 2021. *Cuántos tipos de blockchain hay* | Bit2Me Academy. [online] Disponible a: <<https://academy.bit2me.com/cuantos-tipos-de-blockchain-hay/>> [Visualitzat a Juliol 2021].
- NGL Latam Spain. 2021. *Blockchain Privada vs. Pública: ¿Cual es la mayor diferencia?* - NGL Latam Spain. [online] Disponible a: <<https://nemespanol.io/blockchain-privada-vs-publica-cual-es-la-mayor-diferencia/>> [Visualitzat a Juliol 2021].
- Isical.ac.in. 2021. [online] Disponible a:  
<<https://www.isical.ac.in/~debrup/slides/Bitcoin.pdf>> [Accessed 8 September 2021].
- Pastor, J., 2021. *Qué es blockchain: la explicación definitiva para la tecnología más de moda*. [online] Xataka.com. Disponible a: <<https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda>> [Visualitzat a Agost 2021].
- Emprende Pyme. 2021. *Tipos de distribución* | Canales de distribución | Emprende Pyme. [online] Disponible a: <<https://www.emprendepyme.net/tipos-de-distribucion.html>> [Visualitzat a Agost 2021].
- Virgo, J. and Virgo, J., 2021. *Tipos de seguimiento de ubicación para envíos de carga: ventajas y desventajas*. [online] Aptude IT Consulting & Support Services. Disponible a: <<https://aptude.com/es/blog-de-ideas-t%C3%A9cnicas/entrada/Tipos-de-rastreo-de>>

ubicaci%C3%B3n-para-env%C3%ADos-de-mercanc%C3%ADas-pros-y-contras/>  
[Visualitzat a Agost 2021].

- Mincotur.gob.es. 2021. [online] Disponible a:  
<<https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/405/DOLADER,%20BEL%20Y%20MU%C3%91OZ.pdf>>  
[Visualitzat a Agost 2021].
- Portalcip.org. 2021. [online] Disponible a: <<https://portalcip.org/wp-content/uploads/2019/12/BLOCKCHAIN-Y-SU-IMPACTO-EN-EL-TRANSPORTE-MARITIMO-GLOBAL.pdf>> [Visualitzat a Agost 2021].
- Pastor, J., 2021. *Qué es blockchain: la explicación definitiva para la tecnología más de moda*. [online] Xataka.com. Disponible a: <<https://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda>> [Visualitzat a Agost 2021].

## **9. Annex**

### **9.1 Descripció Incoterms 2020 segons TIBA**

L'empresa TIBA es dedica al sector de logística adaptada a la cadena de subministrament del sector industrial. Aquesta, ha implementat a la seva pàgina web una explicació dels diversos Incoterms 2020 i les seves responsabilitats, així com informació de les variacions respecte l'antiga normativa Incoterms 2010. Seguidament, podem observar la informació adaptada, de la web visitada en data Juliol de 2021 a: <https://www.tibagroup.com/blog/incoterms-2020?lang=es>

#### **EXW Ex Works / A fàbrica**

- El **venedor** / exportador posa la mercaderia a disposició el comprador en els seus propis magatzems, únicament s'ocupa de l'embalatge de la mateixa.
- El **comprador** / importador, per tant, és qui assumeix totes les despeses i responsabilitats des que la mercaderia creua magatzem, abans de carregar-la. L'assegurança no és obligatòria, però de contractar-ho assumiria el comprador ja que és qui assumeix el risc.

Aquest Incoterm no s'ha d'utilitzar si el venedor lliura la mercaderia en un altre lloc que no siguin les seves instal·lacions.

#### **FCA Free Carrier / Lliure transportista**

- El **venedor** lliura la mercaderia en un punt acordat i assumeix costos i riscos fins al lliurament de la mercaderia en aquest punt convingut, inclosos els costos de despatx d'exportació. A banda, el venedor s'ocupa del transport interior i de les gestions duaneres d'exportació, excepte si el lloc designat són les instal·lacions del venedor (FCA magatzem), en aquest cas la mercaderia es lliura en aquest punt carregada en els mitjans de transport disposats pel comprador assumint el cost comprador.
- El **comprador** assumeix les despeses des de la càrrega a bord fins a la descàrrega, inclòs el segur si es contractés per ser qui assumeix el risc quan es carrega la mercaderia en el primer mitjà de transport.

#### **FAS Free Alongside Ship / Lliure al costat de l'vaixell**

- El **venedor** lliura la mercaderia al moll de càrrega del port d'origen i assumeix les despeses fins al lliurament, així com els tràmits duaners d'exportació.
- El **comprador** gestiona la càrrega a bord, estiba, noli i altres despeses fins lliurament en destinació, inclòs el despatx d'importació i l'assegurança si es contractés ja que no és obligatori. A més, assumeix els riscos un cop la mercaderia està al moll de càrrega abans de carregar-se al vaixell.

Aquest Incoterm només és vàlid per al transport marítim i s'empra generalment per a mercaderies especials que tenen unes necessitats de càrrega particulars, no és habitual per a càrrega paletitzada o contenidors.



### **FOB Free On Board / Lliure a bord**

- El **venedor** assumeix les despeses fins a la pujada a bord de la mercaderia, moment en el qual transmet també els riscos, així com el despatx d'exportació i despeses en origen. També s'encarrega de contractar el transport malgrat que aquest corre a càrrec del comprador.
- El **comprador** s'encarrega dels costos del noli, descàrrega, tràmits d'importació i lliurament en destinació, així com de l'assegurança si en volgués contractar. La transmissió de riscos té lloc quan la mercaderia està a bord.

Aquest Incoterm només s'utilitza per a transport marítim i no s'ha d'utilitzar per a mercaderies en contenidors ja que la responsabilitat es transmet quan la mercaderia es carrega a bord de la nau (la mercaderia està físicament tocant el terra de la nau), però els contenidors no es carreguen fins que arriben a la terminal, per tant, si la mercaderia pateix algun dany mentre està al contenidor seria molt difícil establir quan va succeir.

### **CFR Cost and Freight / Cost i noli**

- El **venedor** es fa càrrec de tots els costos fins que la mercaderia arriba a el port de destinació, inclòs el despatx d'exportació, les despeses en origen, el noli i generalment les despeses de descàrrega.
- El **comprador** s'ocupa dels tràmits de la importació i el transport fins a la destinació. També assumeix el risc en el moment en què la mercaderia està a bord, per la qual cosa encara que no és obligatori, sol contractar assegurança.

Aquest Incoterm només s'empra en transport marítim.

### **CIF Cost, Insurance and Freight / Cost, assegurança i noli**

- El **venedor** assumeix com a CFR totes les despeses fins a l'arribada a port de destí incloent despatx d'exportació, despeses en origen, noli i generalment descàrrega però a més originàriament ha de contractar una assegurança tot i que el risc es transfereixi al comprador un cop la mercaderia estigui carregada a bord.
- El **comprador** és qui assumeix les despeses d'importació i el transport fins a destinació.

Només s'utilitza en transport marítim i actualment és dels més utilitzats degut a que determina el valor a duana.

### **CPT Carriage Paid To / Transport pagat fins**

- El **venedor** assumeix les despeses fins al lliurament de la mercaderia en el lloc convingut, és a dir, s'encarrega de totes les despeses en origen, el despatx d'exportació el transport principal i generalment, despeses en destinació.
- El **comprador** assumeix els tràmits d'importació i l'assegurança si en contractés, ja que no és obligatori. El risc passa al comprador un cop es carrega la mercaderia a el primer mitjà de transport contractat pel venedor.

Aquest Incoterm és vàlid per a qualsevol mitjà de transport.

### **CIP Carriage and Insurance Paid / Transport i segur pagats fins**

- El **venedor** corre amb les despeses fins al lliurament al lloc convingut en destinació, és a dir, les despeses en origen, despatx d'exportació, noli... i a més, l'assegurança, que és obligatòria en aquest cas.
- El **importador** se n'encarrega dels tràmits d'importació i el lliurament a destí i assumeix el risc quan es carrega la mercaderia en el primer mitjà de transport.

### **DAP Delivered At Place / Lliurat en un punt**

- El **venedor** assumeix totes les despeses i riscos de l'operació excepte el despatx d'importació i descàrrega en destí, és a dir totes les despeses en origen, noli i transport interior.
- El **comprador** únicament s'ha d'ocupar del despatx d'importació i de la descàrrega de les mercaderies.

Aquest Incoterm és vàlid per a tots els mitjans de transport, l'assegurança no és obligatòria, però en cas de contractar-se, les despeses dels assumiria el venedor.

### **DDP Delivered Duty Paid / Lliurat amb drets pagats**

- El **venedor** assumeix totes les despeses i riscos des de l'embalatge i verificació en els seus magatzems fins al lliurament al destí final, inclosos els despatxos de exportació i importació, noli i assegurança en cas que es contractés.
- El **comprador** només ha de rebre la mercaderia i generalment descarregar-la, encara que pot ocupar-se també el venedor.

Aquest Incoterm és just l'oposat a EXW, el venedor assumeix totes les despeses i riscos.

## **7.2 Solidity**

Fundada d'any 2013, l'empresa privada Cointelegraph és un dels principals exponents informatius del món del Blockchain i les criptó-monedes. Aquesta ha elaborat recentment un article envers el llenguatge de programació Solidity i les seves característiques. Seguidament, podem veure una part de l'article adaptat: <https://es.cointelegraph.com/explained/solidity-the-programming-language-of-the-ethereum>

### **Què és Solidity?**

Solidity és un llenguatge de programació d'alt nivell molt semblant a el conegut Java Script, utilitzat per a la programació web. Aquest llenguatge, s'utilitza principalment per programar Smart Contracts a la xarxa Blockchain de Ethereum, els quals posteriorment són executats per la EVM (Ethereum Virtual Machine). Més específicament, Solidity en un que ens permet programar de forma senzilla per EVM i que després pot ser compilat amb bytecode per ser finalment executat a la màquina virtual Ethereum.

Al ser un llenguatge d'alt nivell, els desenvolupadors compten amb una eina senzilla per programar, evitant així la dificultat de programar utilitzant OP\_CODES o codis d'operació, o *bytecode* de forma directa. Com a resultat, la creació d'aplicacions descentralitzades (DApps) resulta una tasca més senzilla de realitzar i que es troba a l'abast de qualsevol amb coneixement bàsics i previs de programació.

### **Característiques del llenguatge Solidity**

Del llenguatge Solidity, podem destacar un seguit de característiques principals

#### **Senzill d'aprendre**

Solidity és un llenguatge amb un sintaxi i combinacions molt semblants a Java Script, el que el fa un llenguatge fàcil d'aprendre. A causa de l'enorme popularitat de Java Script, resulta fàcil relacionar i aprendre Solidity. Gràcies a aquest factor, Solidity compta amb una àmplia base de desenvolupadors que utilitzen el llenguatge, el qual està en constant creixement.

#### **Turing complet**

Una de les característiques més importants de Solidity és que és un llenguatge Turing complet. Això vol dir que Solidity és capaç de representar el poder computacional del que s'anomena una "Màquina de Turing universal". En Ethereum, això és possible gràcies a la unió de dos elements: la Ethereum Virtual Machine i Solidity.

La EVM té la capacitat d'executar qualsevol codi que sigui escrit pel desenvolupador, mentre que Solidity és capaç de representar de forma escrita aquesta programació realitzada pel desenvolupador. Aquest factor, aporta la capacitat de crear i utilitzar complexes estructures de codificació amb bucles i de tractament de la informació de forma selectiva, a diferència d'altres llenguatges de programació.

## **Orientat a objectes**

La Programació Orientada a Objectes (POO) és un paradigma de programació on tots els elements d'un programa poden representar com a objectes reals, els quals tenen una sèrie de característiques pròpies. El fet que Solidity sigui un llenguatge orientat a objectes li permet simplificar de gran manera determinades tasques. En aquest cas, es dona en el context de POO mitjançant la manipulació de tokens per part del programador.

## **Capacitat d'acoblament i desacoblament**

Una de les característiques que més destaquen de Solidity és que compta amb funcions avançades per a programació acoblada. És a dir, Solidity ens permet usar de forma directa OP\_CODES o bytecode de Ethereum Virtual Machine en la seva estructura. A banda, també permet el desacoblament, de manera que té la capacitat de transformar un bytecode en codi Solidity novament. Aquesta capacitat permet que la depuració, l'anàlisi i modificació dels codis dels Smart Contracts pugui realitzar-se de manera molt més senzilla i ràpida.

## **Pot ser compilat o interpretat**

Solidity té la capacitat de ser compilat o interpretat. En el primer cas, el resultat és un bytecode que només pot ser executat per la EVM. En el segon cas, un intèrpret pren les instruccions de el programa i les transformen en OP\_CODES i bytecode dins d'un entorn de desenvolupament. Això resulta molt útil per a tasques d'anàlisi i millores de codi.

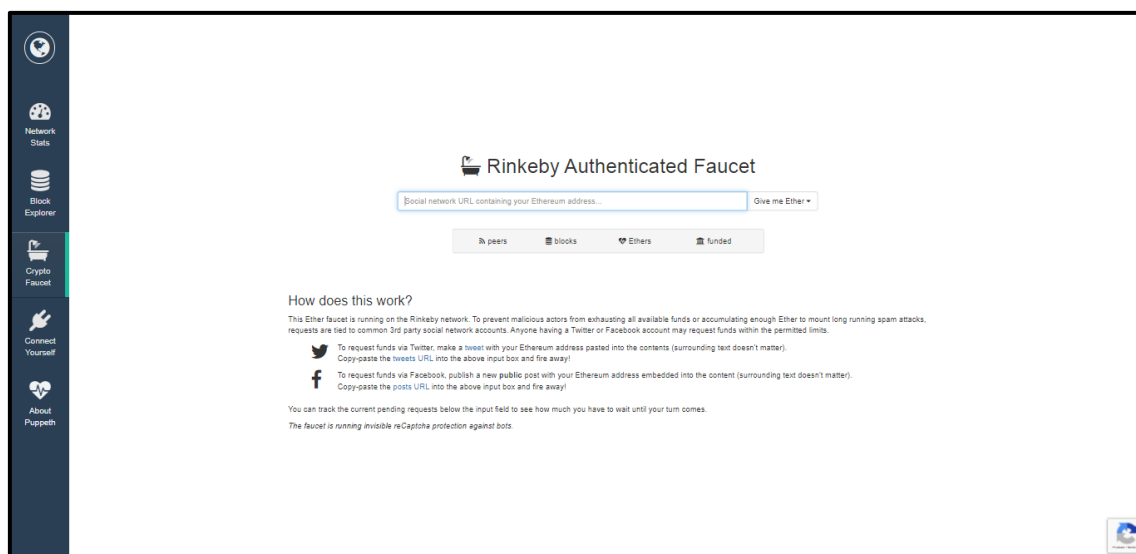
## **IDE per Solidity**

En aquest cas, Solidity compta amb un IDE de desenvolupament oficial anomenat Remix. Des del qual podem accedir a eines com un editor de codi font, a més de diverses eines de construcció automàtiques i un comprovador, utilitzat per a provar i eliminar errors. Tot aquest ambient facilita la tasca de realitzar Smart Contracts dins l'entorn Ethereum.

Altres IDE que es poden utilitzar per programar mitjançant Solidity són Ethereum Studio, IntelliJ IDEA, Atom, Visual Studio Code, EthFiddle o Yakindu.



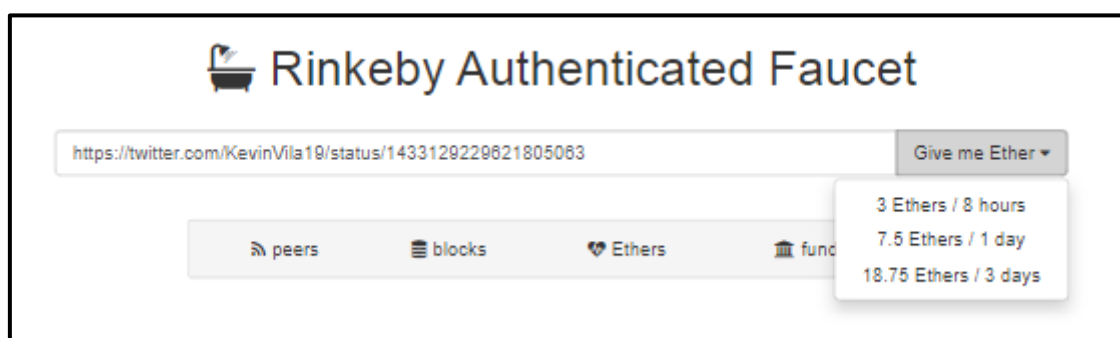
### 3. Una vegada a la pàgina de recàrrega de fons, anirem a “Crypto Faucet”



### 4. Ens apareixen diverses opcions de recàrrega de fons mitjançant una prova “no robot”. En el nostre cas, hem escollit la opció de Twitter, on hem de fer un Twit indicant la nostra cartera.



### 5. Seguidament, entrem al Twit i copièm la URL, la qual introduïrem a la imatge del pas 3. Aquí, seleccionem la quantitat que volem rebre.



### 6. Després d’esperar uns instants, ja disposem dels fons

## **9.4 Codi programació Solidity**

En aquest Annex, deixem el codi per a que qualsevol usuari sigui lliure d'agafar-lo i fer-ne ús o modificar-lo per a projectes posteriors.

```
//SPDX-License-Identifier: MIT
```

```
pragma solidity >=0.7.0 < 0.8.0;
```

```
contract BlockchainMercaderies{
```

```
    string Place;
```

```
    string Hour;
```

```
    string Status;
```

```
    function Actualitza(string calldata _Place, string calldata _Hour, string calldata _Status)public  
{
```

```
        Place=_Place;
```

```
        Hour=_Hour;
```

```
        Status=_Status;
```

```
}
```

```
    function Localitzacio() public view returns (string memory ){
```

```
        return Place;
```

```
}
```

```
    function Hora() public view returns (string memory){
```

```
        return Hour;
```

```
}
```

```
    function Estat() public view returns (string memory){
```

```
        return Status;
```

```
}
```

```
}
```